

*Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen
raportteja nro 205*

*Pellervo Economic Research Institute
Reports No. 205*

**BIOENERGIAN TUOTANTO JA
MARKKINAT VUONNA 2007 SEKÄ
KEHITYSNÄKYMÄT VUOTEEN 2015**

**Terhi Latvala
Esa Aro-Heinilä
Ritva Toivonen
Erno Järvinen**

Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT
Pellervo Economic Research Institute
Eerikinkatu 28 A
FI-00180 Helsinki, Finland
Puh. +358 9 348 8844
Faksi: +358 9 3488 8500
Sähköposti: econ.res@ptt.fi
Kotisivut: <http://www.ptt.fi>

Kannen kuva: Jeremias Kalmari

ISBN 978-952-5594-70-6 (NID)
ISBN 978-952-5594-71-3 (PDF)

ISSN 1456-3215 (NID)
ISSN 1796-4776 (PDF)

Helsinki 2007

Terhi Latvala - Esa Aro-Heinilä - Ritva Toivonen - Erno Järvinen. 2007. BIOENERGIAN TUOTANTO JA MARKKINAT VUONNA 2007 SEKÄ KEHITYSNÄKYMÄT VUOTEEN 2015. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja nro 205. 71 s. ISBN 978-952-5594-70-6 (NID), ISBN 978-952-5594-71-3 (PDF), ISSN 1455-4623 (NID), ISSN 1796-4784 (PDF).

Tiivistelmä: Peltoenergiakasveilla on merkitystä liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineena seuraavan kymmenen vuoden aikana. Vuonna 2015 Suomessa tuotetaan biopolttoaineita sekä pelto- että metsäbiomassoista. Metsäbiomassojen ohella kotimaisista peltobiomassoista ruokohelven ja biokaasun käyttö lisääntyy sähkön ja lämmön tuotannossa. Arviolta 5-10 vuoden kuluttua puubiomassan ja muiden energiakasvien merkitys korostuu liikennepolttoaineissa. Ruokohelvellä ja metsähakkeella näyttäisi olevan potentiaalisesti myös aluetaloudellista merkitystä.

Avainsanat: *bioenergia, biomassa, bioenergiamarkkinat, puumarkkinat, maataloustuotemarkkinat, maatalous, kannattavuus, aluetalous.*

Terhi Latvala - Esa Aro-Heinilä - Ritva Toivonen - Erno Järvinen. 2007. BIOENERGY PRODUCTION AND MARKET IN 2007 AND PROSPECTS UP TO 2015. Pellervo Economic Research Reports No.205. p. 71. ISBN 978-952-5594-70-6 (NID), ISBN 978-952-5594-71-0 (PDF), ISSN 1455-4623 (NID), ISSN 1796-4784 (PDF).

Abstract: During the next about 10 years field crops will dominate as a biomass source for biofuels. In 2015 it is likely that biofuel production in Finland is based on both agricultural and forest resources. In parallel with wood-based biomass, the use of field crops such as *Phalaris arundinacea* and use of biogas will increase in electricity and heating energy sectors. According to current technology prospects, the use of wood-based biomass and other "new" energy crops will clearly extend the available domestic biomass sources in liquid biofuel refining and thus also increase the biofuel production in Finland. Field energy crops and wood chips seem to have potentially effect on regional economies.

Key words: *bioenergy, biomass, bioenergy markets, wood markets, agricultural markets, farm profitability, regional economy.*

ESIPUHE

Euroopan unioni päätti maaliskuussa 2007 nostaa uusiutuvien energialähteiden osuuden unionin kokonaisenergiasta 20 prosenttiin. Suomeen keskusteluissa on esitetty jopa 30-40 prosentin uusiutuvien energialähteiden osuutta. Nykyisin Suomi on EU:n kärkimaita noin 25 prosentin osuudellaan. Asetetut tavoitteet lisäävät bioenergian kysyntää selvästi. Metsä- ja peltoenergian tuotanto eivät yksin riitä kattamaan EU:n tavoitteita. Bioenergian tuotannon ja käytön lisäys perustuukin todennäköisesti laaja-alaisesti uusiutuvien energialähteiden käytön kasvuun. Suomalaisen maatilan näkökulmasta bioenergia luo uutta kysyntää peltojen ja metsien tuotannolle ja vaihtoehtoja perinteiseen maataloustuotantoon.

Uudessa tilanteessa on välttämätöntä tuottaa nopeasti tietoa ja perusteltuja näkemyksiä bioenergiamarkkinoiden nykytilasta ja kehitysnäkymistä. Edelleen on tarpeellista tarkastella bioenergian tuotannon ja markkinoiden kehityksen vaikutuksia osana suomalaisten maatilojen tuotantoa. Tämä raportti vastaa osaltaan näihin tietotarpeisiin. Raportti on osa parhaillaan käynnissä olevaa "Biotila - Bioenergian tuotanto maatilojen ja maaseudun elinkeinona –tarjonta-yrittäjäyys-kannattavuus-liiketoimintamallit" -hanketta. Kiitämme lämpimästi tutkimushankkeen ohjausryhmän edustajia: Veli-Pekka Reskolaa (MMM), Ilpo Mattilaa (MTK) sekä Simo Kyllöstä (HY). Tutkimushanketta on rahoitettu Maa- ja metsätalousministeriön maatilatalouden kehittämisvaroista.

Tutkimuksen ovat toteuttaneet Pellervon taloudellisesta tutkimuslaitoksesta Terhi Latvala ja Ritva Toivonen sekä Erno Järvinen, joka työskentelee nykyisin Maa- ja metsätaloustuottajien keskusliitossa. Maatilakohtaiset pelto- ja metsäbiomassojen koskevat taloudelliset laskelmat ovat laatineet Esa Aro-Heinilä MTT Taloututkimuksesta (rypsibiodiesel, biokaasu) sekä ProAgria Maaseutukeskusten liitosta Ari Enroth (ruokohelpi). Lämpimät kiitoksemme hyvästä lisäpanoksestanne tähän julkaisuun. Lisäksi kiitokset useille kollegoille PTT:ssä ja Joensuun yliopiston yhteistyökumppaneille Harri Silvennoiselle ja Paavo Pelkoselle, jotka ovat kommentoineet tätä raporttia. Kiitokset myös tutkimusassistentti Anneli Hopposelle raportin editoinnista.

Helsingissä, 31. lokakuuta 2007

Pasi Holm
toimitusjohtaja

Ritva Toivonen
tutkimusjohtaja

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO	1
SUMMARY	3
1. JOHDANTO	5
2. BIOMASSAN JA BIOPOLTTOAINEIDEN TUOTANTO JA MARKKINAT	8
2.1. MAAILMAN BIOPOLTTOAINEIDEN TUOTANTO JA TUOTANTO-KUSTANNUKSET	8
2.2. MAATALOUSPERÄISTEN BIOMASSARAAKA-AINEIDEN HINNAT	12
2.3. PUUN JA PUUVARTISTEN KASVIEN TUOTANTO ENERGIAKSI	16
2.4. BIOPOLTTOAINETUOTANNON KEHITYS JA TAVOITTEET TÄRKEIMMISÄ TUOTTAJAMAISSA	21
2.5. BIOPOLTTOAINETUOTANTO KIIHTYY EUROOPASSAKIN.....	26
2.6. KOTIMAISEN BIOENERGIASEKTORIN KEHITYS.....	30
3. BIOENERGIANTUOTANNON KIINNOSTAVUUS JA KANNATTAVUUS MAATILAN NÄKÖKULMASTA	38
3.1. KIINNOSTUS PELTO- JA METSÄENERGIANTUOTANTOON MAATILOILLA	38
3.2. TUOTANTOKUSTANNUKSET	40
3.2.1. <i>Rypsibiodieselin tuotantokustannukset maatilakokoluokassa</i>	40
3.2.2. <i>Biokaasun tuotantokustannukset maatila-</i> <i>kokoluokassa</i>	44
3.2.3. <i>Ruokohelven viljelyn talous</i>	47
3.2.4. <i>Vilja lämmityspolttoaineena</i>	50
3.2.5. <i>Energiapuu</i>	52
3.2.6. <i>Yhteenveto: biomassatuotannon kannattavuus</i> <i>maatilan näkökulmasta</i>	54
4. PELTO- JA METSÄENERGIAN TUOTANNON NÄKYMÄT VUOTEEN 2015	56
4.1. BIOPOLTTOAINETUOTANNON JA MAAILMANKAUPAN NÄKYMÄT VUOTEEN 2015.....	56
4.2. NÄKYMÄT SUOMESSA VUOTEEN 2015.....	58
5. SYNTEESI	60
LÄHDELUETTELO	64

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Biopolttoaineiden tuotanto vuonna 2005.	10
Taulukko 2. Arvio biopolttoaineiden tuotantokustannuksista.	11
Taulukko 3. Maailman puupolttoaineiden tuotanto vuonna 2002 (Hillring 2006).	18
Taulukko 4. Vuoden 2000 maailman suurimmat puutuotteiden viejät (Hillring 2006).	20
Taulukko 5. Rypsiäbiodieselin tuotantokustannukset (Lähde: Esa Aro-Heinilä, MTT Taloustutkimus).	43
Taulukko 6. Biokaasun tuotantokustannukset eri syötemateriaaleilla (Lähde: Esa Aro-Heinilä, MTT Taloustutkimus).	46
Taulukko 7. Ruokohelven ja rehuohran tuotantokustannukset (Lähde: ProAgria Maaseutukeskusten liitto).	48
Taulukko 8. Energiaraaka-aineen hintoja, muodostuvia energianhintoja sekä maatilasähkön hinta.	51
Taulukko 9. Etanolin kansainvälinen kauppa ja etanolin hintaennusteet vuosille 2006-2015.	57
Taulukko 10. Biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttö EU:ssa vuosina 2006-2015.	58

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Yhdysvaltalaisen maissin hintakehitys vuosina 2005- 2007 (kesäkuu).	13
Kuvio 2. Öljykasvien hintakehitys Suomessa vuosina 2005- 2008.	14
Kuvio 3. Palmuöljyn maailmanmarkkinahinta vuosina 2000-2007 (kesäkuu).	15
Kuvio 4. Etanolin tuotanto Yhdysvalloissa vuosina 1980-2006 (RFA 2007).	23
Kuvio 5. Vehnän tuotanto ja kulutus Kiinassa ja Intiassa vuodesta 1960-2007 satovuosittain vuodesta 1960 lähtien (Lähde: USDA).	24
Kuvio 6. EU-25 rapsiöljyn käyttö eri tarkoituksiin satovuosina 2001-2006. (Lähde: Euroopan komissio 2006).	29
Kuvio 7. Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys vuosina 2000-2007 (Lähde: Etila).	30
Kuvio 8. Ruokohelven tekninen käyttöpotentiaali (GWh/vuosi) voimalaitospaikkakunnittain. (Lähde: Flyktman & Paappanen 2005).	33
Kuvio 9. Metsähakkeen käytön jakautuminen (m ³) eri laitoskokuksiin Suomessa vuonna 2005 (Lähde: Energiatilasto 2006).	36
Kuvio 10. Metsähakkeen kokonaiskäyttö vuosina 2000-2006. (Lähde: Metla 2007).	37
Kuvio 11. Rypsiäbiodieselin tuotantokaavio maatilatason laitteistolla.	41
Kuvio 12. Metsähakkeen tuotantokustannukset ilman KEMERA-tukia.	53
Kuvio 13. Metsähakkeen tuotantokustannukset KEMERA-tukien kanssa.	54

BIOENERGIAAN LIITTYVÄÄ SANASTOA

Biodiesel

Biodiesel valmistetaan kasvi- ja eläinrasvoista poistamalla niistä glyseroli. Käytetään dieselmootoreiden polttoaineena sekoituksena ja sellaisenaan sekä lämmitysöljynä.

Bioetanoli

Bioetanoli valmistetaan viljasta tai esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteistä yleensä käymisprosessilla, mutta valmistustapa voi olla myös synteettinen. Käytetään sekoitettuna bensiiniin.

Biokaasu

Biokaasua muodostuu erilaisten mikrobien yhteistoiminnan tuloksena niiden hajottaessa eloperäistä ainesta hapettomissa olosuhteissa. Biokaasulaitoksessa lannasta tai muista eloperäisistä materiaaleista tuotettu kaasu on 50 – 65 prosenttisesti metaania (CH₄), puhtaasti palavaa kaasua. Puhdistettua biokaasua kutsutaan biometaaniksi ja se vastaa fossiilista maakaasua. Biokaasua voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon tai biometaaniksi puhdistettuna kone- ja liikennepolttoaineena

Biomassa

Biomassa on yleisnimitys uusiutuvista luonnonvaroista saatavalle orgaaniselle massalle. Biomassalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa metsästä saatavaa puumassaa, peltokasveista saatavaa raaka-ainetta sekä orgaanista jätettä.

Biopolttoaine

Biopolttoaine on yleisnimitys, jota käytetään yleensä liikennepolttoaineena käytävästä nestemäisestä bioetanolista, biodieselistä ja biokaasusta, joka on tuotettu biomassasta. Kuitenkin biopolttoaineisiin lukeutuu myös kiinteitä biopolttoaineita. Näitä ovat esimerkiksi puristamalla valmistetut pelletit ja brikitit, joita voidaan käyttää ennen kaikkea lämmöntuotantoon mutta myös yhdistetyssä lämmön ja sähköntuotannossa.

Briketti

Puubriketti on polttoainejaloste, joka on puristettu kuivasta kutterista tai purusta tiiviiseen olomuotoon. Brikettiä voidaan valmistaa myös turpeesta. Ruokohelven briketointiä kehitetään parhaillaan. Briketin halkaisija on useimmiten 50 mm ja pituus 50-150 mm. Polttopuuhun verrattuna briketillä on suuri energiasisältö, pieni varastotilan tarve sekä vähäiset päästöt. Briketillä lämmittäminen soveltuu mm. hake- ja klapikattiloihin sellaisenaan.

Energiapuu

Energiapuu on energian tuottamiseen käytettävää puuta, esimerkiksi haketta, halkoja tai kokorankoja, joita käytetään lämpölaitoksissa tai yksittäisissä kiinteis-

toissä yleensä lämmöntuotantoon. Isommissa laitoksissa puuta voidaan käyttää sekapolttoaineena yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa.

Ensimmäisen sukupolven polttoaine (valmistusteknologia)

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita valmistetaan biomassasta yksikertaisella, jo kaupallisesti sovellettavissa olevalla teknologialla. Soveltuvia biomassalähteitä ovat peltokasvit kuten maissi, sokeriruoko ja öljykasvit. Lopputuotteita ovat bioetanoli ja biodiesel.

Esteröinti

Esteröinnillä poistetaan biodieselöljystä vahamainen glyseroli, jolloin valmis biodieselöljy sopii tietyin rajoituksin liikenne-, työkone- ja lämmityskäyttöön.

Metsähake

Metsähakkeen raaka-aineena käytetään esimerkiksi päätehakkuukuusikoiden oksat ja latvat, karsimaton harvennuspuu nuoren metsän kunnostuskohteista ja muut raivauksissa ja harvennuksissa poistettavat latvukset ja oksat. Viherhake on tuoretta ja sisältää neulasmassaa. Kesän yli kuivatetuista rungoista, oksista ja latvoista valmistettu hake on kuivaa ja pääosa neulasmassasta on varissut.

Kuitupuu

Pieniläpimittainen teolliseen hyödyntämiseen tarkoitettu puutavara, jota käytetään metsäteollisuudessa selluloosan, hierteen ja hiokkeen sekä puulevyjen raaka-aineena.

Pelletti

Pelletit ovat sylinterin muotoon puristettuja, pieniä, usein sahanpurusta valmistettuja puukappaleita. Pelletit ovat tasalaatuista ja tasaisen kuivuuden omaavaa kiinteää biopolttoainetta.

Porttimaksu

Porttimaksulla tarkoitetaan (esimerkiksi paino- tai tilavuusperusteista) maksua, jonka esimerkiksi biokaasulaitokset saavat ottaessaan käsiteltäväksi vaikkapa teollisuuden orgaanista jätettä. Muutoin tämä jäte päätyisi kaatopaikalle jätemaksumaksumaksu vastaan. Porttimaksu on siten tuloa biomassan jalostajalle.

Ranka

Puun rungosta katkaistu (oksaton) osa.

RME

RME on rypsiöljystä esteröimällä valmistettu biodiesel eli rypsimetyyliesteri

Toisen sukupolven biopolttoaine (valmistusteknologia)

Toisen sukupolven biopolttoaineet valmistetaan kemiallisesti biomassasta, kuten puusta, turpeesta ja oljesta. Ja lopputuote on bioetanoli tai biodiesel. Ensimmäiset koeluontoiset uutta (toisen sukupolven) teknologiaa hyödyntävät biopolttoainetehtaat ovat rakenteilla Suomessa vuonna 2007.

YHTEENVETO

Tutkimuksessa tarkastellaan kansainvälisiä ja erityisesti Euroopan unionin nykyisiä bioenergiamarkkinoita sekä markkinoiden kehitysnäkymiä vuoteen 2015. Tarkastelun päähuomio on biomassan tuotannon, kysynnän ja hintojen kehityssuunnissa. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan bioenergiantuotannon taloutta erityisesti suomalaisen maatilan näkökulmasta olemassa olevan tutkimustiedon valossa.

Puubiomassa on merkittävä uusiutuva luonnonvara. Yli puolet maailman hakkuista käytetään suoraan energiaksi lähinnä polttopuuna. Polttopuun hakkuut ja käyttö painottuvat kehittyviin maihin. Kehittyneissä maissa puusta saatava energiabiomassa on pääosin metsäteollisuuden prosesseista saatavien sivutuotteiden muodossa ja hakkuista pääosa menee metsäteollisuuden käyttöön. Kaupallisille markkinoille päättyy vain pieni osa sivutuotteena syntyvää energiabiomassaa tai tästä tuotettua lämpöenergiaa.

Globaalisti peltoresursseihin perustuvan bioenergiantuotannon ja etenkin biopolttoainetuotannon laajentuminen on tapahtunut aivan viime vuosina. Maailman biopolttoaineiden tuotanto vastaa noin prosenttia liikennepolttoaineiden kulutuksesta. Maailman johtavia biopolttoaineiden tuottajia ovat Yhdysvallat ja Brasilia. Tuotanto on kuitenkin kasvamassa nopeasti myös nopean talouskasvun maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa. Nykyisellä ensimmäisen sukupolven teknologialla biopolttoaineita jalostetaan lähinnä tärkkelys- ja sokerikasveista sekä öljykasveista.

Pelloilla tuotettavalla energiakasveilla on huomattava merkitys liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineena etenkin seuraavan kymmenen vuoden aikana. Tämän jälkeen todennäköisesti kaupallistuvat uuden (toisen) sukupolven teknologiat, jotka avaavat enemmän mahdollisuuksia ligniinipohjaisten metsäbiomassojen ja muiden vastaavien energiakasvien mittavampaan käyttöön liikennepolttoaineissa.

Nykykehityksen valossa on todennäköistä, että vuonna 2015 Suomessa tuotetaan biopolttoaineita sekä pelto- että metsäbiomassoista. Metsäbiomassojen ohella kotimaisista peltobiomassoista ruokohelven ja biokaasun käyttö lisääntynee sähkön ja lämmön tuotannossa. Kotimaisen raaka-aineen osuus liikennepolttoaineissa jäänee pieneksi. Arviolta 5-10 vuoden kuluttua

teknologisen kehityksen myötä puubiomassan ja muiden energiakasvien merkitys kuitenkin korostuu liikennepolttoaineiden jalostuksessa ja tällöin kotimaisen biopolttoaineen osuus Suomen liikennepolttoaineiden kulutuksesta saattaa nousta selkeämmin. Ensimmäiset koelaitokset ovat jo rakenteilla Suomessa. Alueellisesti tarkasteltuna ruokohelvellä ja metsähakkeella näyttäisi olevan valtakunnallisesti huomattavan laaja alueellinen vaikutus, sillä näitä raaka-aineita hyödyntävät laitokset näyttäisivät jakautuvan melko tasaisesti Suomen alueelle aivan Lappia lukuun ottamatta.

Suomella on periaatteessa hyvät edellytykset bioenergiasektorin kehittämiselle ja laajentamiselle pelto- ja metsäenergiaresurssien suhteen. Bioenergian tuotannon taloutta yksittäisen maatilán näkökulmasta on vaikea arvioida jatkuvasti hyvin nopeasti muuttuvassa markkinatilanteessa. Joka tapauksessa on todennäköistä, että bioenergiasektorin kehitys kytkee tulevaisuudessa maatalous- ja metsäsektorin markkinoita ja myös alan liiketoimintaa nykyistä tiiviimmin yhteen. Taustalla on muun muassa se, että maataloustuotteiden ja puumarkkinoiden vaihtelut välittynevät energiasektorin kautta aiempaa voimakkaammin myös toinen toistensa markkinoille. Käytännössä metsäteollisuuden ja puumarkkinoiden heilahtelut saattavat heiluttaa maataloussektorin markkinoita ja päinvastoin, ja energiamarkkinoiden heilahdukset heijastuvat sekä maatalous- että metsäsektorin tuotemarkkinoille.

SUMMARY

This study describes international bioenergy markets, and especially the bioenergy markets in the European Union in 2007, and also provides an outlook of these markets up to 2015. The market analysis is qualitative and mainly based on estimations on biomass production potential, demand prospects and price scenarios. In addition, economic profitability of bioenergy production at the farm level in Finland is examined based on existing research knowledge.

Wood-based biomass from forests is a significant renewable bioenergy resource. Globally, over half of the annual fellings are utilized directly as firewood. In developing countries the majority of fellings is utilized directly as fuel wood by households. In developed countries, in contrast, most of the harvested wood is first utilized by forest industry and the residues of forest industry are the main source of wood-based bioenergy. However, forest industry is itself the main user of wood based energy, and therefore only minority of wood based energy ends up to the commercial energy markets.

Globally, bioenergy based on energy crops from fields and particularly biofuel production has developed quite recently. Biofuel production covers only 1 % of total road transport fuel consumption. The largest producers are the United States and Brazil, but the biofuel production is also increasing rapidly in the countries with rapid economic growth such as China and India.

The current first generation technology of biofuel refinery allows utilizing mainly only field crops such as starch, sugar and oil crops. During the next about 10 years field crops will dominate as a biomass source for biofuels but after this period, the new (second) generation of refining technology will enable the use of wood biomass and other similar energy crops in biofuel production process.

In 2015 it is likely that biofuel production in Finland is based on both agricultural and forest resources. In parallel with wood-based biomass, the use of field crops such as *Phalaris arundinacea* and use of biogas will increase in electricity and heating energy sectors. Instead, biofuel production based on domestic field crops such as grains or oil crops is likely to remain minimal. According to current technology prospects, the use of wood-based

biomass and other “new” energy crops will clearly extend the available domestic biomass sources in liquid biofuel refining and thus also increase the biofuel production in Finland.

In Finland the general prospects for the development of the bioenergy sector seem to be favorable regarding the potential agricultural and forest biomass resources. However, it is somewhat problematic to evaluate market prospects from the point of single farm enterprises in Finland in the current situation where rapid changes are on-going regarding bioenergy policies. Generally, it is likely that development of bioenergy sector will integrate the agricultural and forest sector market fluctuations more than what has been the case in the past. In consequence, demand and supply shocks and price fluctuations in the markets of one product will be reflected more broadly and strongly to the markets of other renewable products and the products based on these resources.

1. JOHDANTO

Vielä 1900-luvun alussa energianlähteet kaikkialla maailmassa olivat suurelta osin peräisin maa- ja metsätaloudesta hiiltä lukuun ottamatta. 2000-luvulla enää muutama prosentti maailman energiankulutuksesta perustuu bioenergiaan (IEA 2006a). Tällä vuosisadalla maa- ja metsätaloudesta saatavan bioenergian osuus kääntyy kasvuun, mikäli fossiilisten polttoaineiden saatavuus niukentuu ennakoitusti. Siten tarve maa- ja metsätalouden energiaraaka-aineiden hyödyntämiseen kasvaa merkittävästi. Maa- ja metsätaloudesta saatavien energialähteiden käyttö on lisääntynyt nopeasti Euroopan unionissa, mutta myös globaalisti, esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Kiinassa.

Vuonna 2005 maailmassa tuotettiin primäärienergiaa¹ 11 435 Mtoe² verran. Energian tuotanto maailmassa on hyvin riippuvainen fossiilisista polttoaineista, sillä yli puolet energiasta on peräisin öljystä ja kivihiilestä. Maailman primäärienergian tuotanto jakautui eri energialähteisiin seuraavasti: 35 % energiantuotannosta perustui öljyyn, 25 % kivihiileen, 21 % maakaasuun, 6 % ydinvoimaan, 2 % vesivoimaan, 0,5 % geotermiseen, aurinko- ja tuulienergiaan sekä biomassoihin mukaan lukien jätteet 10 % (IEA 2007). EU-25:n osuus maailman energian käytöstä on noin 16 % ja Suomen osuus alle puoli prosenttia. Vertailun vuoksi EU:n väestö vastaa noin 8 % maailman koko väkimäärästä ja Suomen viisi miljoonaa henkilöä ovat noin 0,08 % maailman asukasmäärästä.

Energian kulutus maailmassa on kohonnut viime vuosikymmenet suunnilleen parin prosentin vauhdilla, ja kasvun arvioidaan jatkuvan noin 1,6 % vuosivauhdilla seuraavat parikymmentä vuotta, ja vuoteen 2030 tultaessa maailmassa energian kokonaistarve olisi tällöin yli 50 % suurempi kuin vuonna 2004. Globaalin energiatarpeen kasvusta suurin osa, noin 70 %, perustuu kehittyvien talouksien energian tarpeen nopeaan kasvuun. Kiinan

¹ Primäärienergia tarkoittaa energian tuotannossa käytettyjen energialähteiden energiasältöjen summaa.

² Mtoe vastaa energiamäärältään miljoonaa tonnia öljyä ja energiayksikkönä 11,63 TWh.

on arvioitu vastaavan yksistään noin 30 % maailman energian tarpeen kokonaiskasvusta vuosien 2004 ja 2030 välillä (IEA 2006b).

Globaalisti biomassan tuotanto ja bioenergian kulutus painottuvat Aasian, Etelä-Amerikan ja Afrikan kehittyviin maihin. Arviolta noin 75 % bioenergiamassasta ja bioenergiasta tuotetaan ja kulutetaan tälläkin hetkellä kehittyvissä maissa ja vain noin neljännes kehittyneissä maissa (Parikka 2004). On arvioitu, että puuta käytetään suoraan tai teollisten prosessien sivutuotteina energiaksi maailmassa niin paljon, että määrä vastaa noin 60 % hakkuista eli suunnilleen kahta miljardia kiintokuutiometriä vuodessa (Parikka 2004). Tämä vastaa maailman primäärienergiakulutuksesta suunnilleen 3-4 % osuutta. Maatalouskasvien ja muun orgaanisen biomassan (yhdyskunta- ja muu jäte) osuus maailman primäärienergian kulutuksesta (ja siten myös tuotannosta) on laskennallisesti noin 6-7 %.

Energian kysynnän voimakkaan kasvunäkymien vuoksi huoli energian saatavuudesta on lisääntynyt, etenkin kun öljyvarantojen riittävydestä ei ole selkeää käsitystä, ja suurin osa tiedossa olevista öljyvarannoista sijaitsee poliittisesti epävakailta alueilla kuten Lähi-idässä. Energian riittävyden ja energiaomavaraisuuden ohella globaali huolenaihe on energian tuotantoon ja kulutukseen liittyvät ympäristöhaasteet, etenkin hiilidioksidipäästöjen yhteys ilmaston lämpenemiseen ja sen mukanaan tuomiin ongelmiin (IPCC 2007). Tässä suhteessa etenkin liikenteen polttoaineet ovat huomion keskiössä, sillä näihin kulmineituvat kummatkin huolenaiheet – energian saatavuus ja hiilidioksidipäästöt.

Euroopan unionissa puu on tärkein bioenergian lähde kattaen noin kaksi kolmasosaa bioenergian kokonaistuotannosta. Lähtökohta on siten erilainen kuin globaalissa bioenergiantuotannossa. Pelloista ja metsistä saatavan bioenergian osuuden tulisi kuitenkin kasvaa tuntuvasti nykyistä reippaammin, jotta bioenergian suhteellinen osuus energian lähteenä kasvaisivat maailman ja myös Euroopan kokonaisenergian tarpeen kasvun jatkuessa.

Toistaiseksi kaupallinen nestemäisten biopolttoaineiden valmistus perustuu lähinnä maatalouskasvien jalostukseen (nk. ensimmäisen sukupolven teknologiat). On kuitenkin arvioitu, että seuraavan 5-10 vuoden kuluessa (vuoteen 2012-2017 mennessä) uudet biopolttoaineiden valmistukseen käytettävät teknologiat (toisen sukupolven teknologiat) mahdollistavat biomassan hyödyntämisen liikennepolttoaineissa myös puuvartisista kasveista, mikä siten laajentaa potentiaalista raaka-aineperustaa selvästi. Tämä teknologia on jo kaupallisesti sovellettavissa, ja ensimmäisiä investointeja puuhun pe-

rustuvan nestepolttoaineen tuotantoon otetaan käyttöön eri puolilla maailmaa, Suomi mukaan lukien. Lisäksi mahdollisuuksia hyödyntää muitakin kasveja ja organismeja tutkitaan, kuten levien kasvatusta bioenergian lähteeksi tai ruoaksi ja rehuksi käyttökeltottomien kasvien (esimerkiksi nk. myrkkypensas) tuotantoa energiaksi esimerkiksi köyhillä ja eroosion vaaamalla joutomailla. Tämä ei välttämättä edellyttäisi peltomaan hyödyntämistä lainkaan.

Tavoitteet ja tarkoitus

Tässä selvityksessä valotetaan maataloussektorin ja puupohjaisen bioenergiantuotannon viimeaikaisia kehityssuuntia kansainvälisillä markkinoilla keskittyen erityisesti biomassan tarjontaan ja kysyntään. Lisäksi luodetaan biopolttoainemarkkinoiden kehitysnäkymiä pidemmällä aikavälillä. Näiden näkymien valossa tarkastellaan biomassan ja biopolttoaineiden tuotantoa suomalaisten maatilojen vaihtoehtoisena tuotantosuuntana. Aluksi tarkastellaan lähiajan bioenergiamarkkinoiden kehitystä, ja raportin lopussa näkökulma laajennetaan aina vuoteen 2015 saakka.

Yksityiskohtaisia tavoitteita on tarkastella

- 1) asetettuja politiikkatavoitteita Euroopan unionissa ja erityisesti Suomessa sekä arvioida niiden vaikutus bioenergiantuotantoon ja markkinoihin
- 2) bioenergian raaka-ainemarkkinoita ja niiden viimeaikaista kehitystä puupohjaisten ja peltobiomassojen osin globaalisti, mutta etenkin keskittyen Euroopassa ennakoituun kehitysnäkymiin. Tarkastelussa päähuomio on biomassan tuotannon, kysynnän ja hintojen kehityksessä.
- 3) markkinoiden kehitysnäkymiä pitkällä aikavälillä (vuoteen 2015) teknologiakehityksen sekä raaka-aineiden saatavuuden näkökulmasta
- 4) suomalaisen maatalon näkökulmasta pelto- ja metsäenergian tuotannon taloutta tehtyjen kustannuksiin ja kannattavuuteen liittyvien tutkimusten valossa.

2. BIOMASSAN JA BIOPOLTTOAINEIDEN TUOTANTO JA MARKKINAT

2.1. Maailman biopolttoaineiden tuotanto ja tuotantokustannukset

Bioenergian osuus maailman energian tuotannosta (11 435 Mtoe) on noin kymmenen prosenttia (IEA 2007). Bioenergiasta puuperäisen bioenergian osuudeksi on arvioitu noin 3-4 % maailman koko energiatuotannosta (Toivonen 2006). Siten pääosa maailman bioenergiasta perustunee maataloudesta peräisin olevan biomassaan ja jätteiden energiakäyttöön.

Euroopan unionin (EU-25) osuus maailman energian käytöstä on noin 18 % (runsas 1 700 Mtoe), mutta bioenergian osuus EU:n energian kulutuksesta on vain noin neljä prosenttia. Kaikkien uusiutuvien energialähteiden (myös vesivoima, tuulivoima, aurinkoenergia, maalämpö) osuus yhteensä noin kuusi prosenttia (noin 103 Mtoe) (Eurostat 2007). EU:n laajentuminen kahdella maalla vuoden 2007 alusta ei ole muuttanut yllä olevia lukuja olennaisesti. EU:ssa bioenergiasta pääosa eli noin neljä viidennestä tuotetaan puusta ja muun biomassan osuus on siten hyvin pieni.

Maailmassa energian kokonaistuotannosta bioenergian suhteellinen osuus on vuosikymmenten kuluessa jatkuvasti pienentynyt (IEA 2006a). Bioenergialla on ollut merkitystä lähinnä lämmön tuotannossa ja liikennepolttoainekäyttö on ollut suhteessa vähäistä. 2000-luvun puolessa välissä julkisessa keskustelussa biomassan merkitys liikennepolttoaineiden raaka-aineena on kuitenkin noussut esille merkittävässä määrin. Taustalla on huoli fossiilisten energiavarojen riittävyydestä ja näiden käytön vaikutuksista ilmastoon. Euroopan unionissa uusiutuvan energian ja bioenergian osuuden pienentyminen on 1990-luvulla pysähtynyt ja 2000-luvulla kääntynyt aivan hienoiseen nousuun.

Liikennepolttoaineista biopolttoaineiden osuus on tällä hetkellä maailmanlaajuisesti noin yksi prosentti (IEA 2006c). Yhdysvalloissa ja EU:ssa osuus on yhdestä prosentista puolentoista. Tosin esimerkiksi Brasiliassa osuus on noin 12 %. IEA:n (*International Energy Agency*) laatimien skenaarioiden valossa EU:ssa saatettaisiin parhaimmillaan päästä noin 10-12 % biopolttoaineosuuteen kaikista liikennepolttoaineista vuoteen 2030 mennessä.

sä, ja koko maailman mittakaavassa osuus saattaisi nousta 4 % suuruiseksi (IEA 2006b).

Globaalisti peltoresursseihin perustuvan bioenergiantuotannon ja etenkin biopolttoainetuotannon laajentuminen on tapahtunut vasta aivan viime vuosina. Bioenergian tuotanto pelloilla on lisääntymässä edelleen. Vuonna 2006 arviolta 14 miljoonan hehtaarilla viljeltiin biopolttoaineiden raaka-ainetta, mikä vastaa noin prosenttia maailman viljelykäytössä olevasta maatalousmaasta (IEA 2006b). Tämä peltoala ei kata metsäalueita, joita käytetään poltto- ja muun energiapuun tuotantoon.

Maailman nestemäisten biopolttoaineiden tuotanto vuonna 2005 vastasi noin 20 Mtoe eli 643 000 barreli³ öljyä päivässä, joka siis vastaa noin prosenttia liikennepolttoaineiden kulutuksesta. Maailman johtavia nestemäisten biopolttoaineiden tuottajia tällä hetkellä ovat Brasilia sekä Yhdysvallat, jotka yhdessä vastaavat noin 80 prosentin osuudesta maailman koko biopolttoaineiden tarjonnasta. Biopolttoaineiden tuotanto on kuitenkin tällä hetkellä merkittävästi kasvamassa myös nopean talouskasvun maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa (taulukko 1), vaikka näiden maiden merkitys nestemäisten biopolttoaineiden tuottajina on toistaiseksi ollut pieni.

³ Yksi barreli (tynnyri) öljyä vastaa noin 159 litraa, joten 643 000 barrellia on runsaat 102 miljoonaa litraa.

Taulukko 1. Biopolttoaineiden tuotanto vuonna 2005.

	Biopolttoaineen raaka-aine	Miljoonaa litraa	Tuhatta barrelia/ päivä	Mtoe
Etanoli				
- Brasilia	Sokeriruoko	16 074	277	8,17
- Yhdysvallat	Maissi	14 740	254	7,50
- Kiina	Maissi, vehnä	987	17	0,51
- EU	Sokerijuurikas, vehnä, durra	928	16	0,48
- Intia	Sokeriruoko	290	5	0,15
<i>Etanolin tuotanto yhteensä</i>		33 600	579	17,07
Biodiesel				
- EU	Rapsi, soijapapu	1 922	56	2,53
- Yhdysvallat	Rapsi	292	5	0,22
<i>Biodieselin tuotanto yhteensä</i>		3 714	64	2,91

Lähde: IEA 2006b

Tällä hetkellä nykyisellä teknologialla hyödynnettävissä olevat maataloudesta peräisin olevat biomassalähteet ovat tärkkelys- ja sokerikasvit (viljat, maissi, sokeriruoko, sokerijuurikas: etanoli) sekä öljykasvit (rypsi, rapsi, auringonkukka, öljypalmu: biodiesel). Näistä tuotettavia ns. ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita⁴ voidaan käyttää useimmissa ajoneuvoissa vain alhaisina pitoisuuksina perinteisten fossiilisten polttoaineiden kanssa sekoitettuina. Hyödyntäminen ei vaadi suuria investointeja uusiin jakeluinfrastruktuureihin (Sipilä ja Helynen 2006).

Biopolttoaineiden tuotantokustannukset riippuvat käytetystä raaka-aineesta, tehtaan sijainnista, kapasiteetista ja valitusta teknologiasta. Taulukossa 2 on suuntaa-antavia IEA:n arvioita nestemäisten biopolttoaineiden tuotantokustannuksista eri lähteisiin perustuen (IEA 2004). Bioetanolin tuotantokustannukset vaihtelevat 0,20-0,81 USD/litra ja biodieselillä 0,62-0,80 USD/litra. Nykyisellä teknologialla etanoli on taloudellisesti kilpailukykyisintä

⁴ Ensimmäisen sukupolven polttoaineet valmistetaan pääasiassa pelloilta viljeltävistä kasveista, kuten viljasta tai sokeriruosta valmistettu etanoli sekä öljykasveista valmistettu biodiesel. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineissa biomassan jalostus tapahtuu yhdestä raaka-aineesta, ja jalostusteknologia on tunnettua ja kaupallisesti sovellettavissa.

maissista ja sokeriruo'osta valmistettuna verrattuna muihin biopolttoaineiden raaka-aineisiin (taulukko 2). Viljapohjaisen etanolin tuotantokustannuksiksi arvioidaan noin 0,30 USD/litra Yhdysvalloissa. Viljapohjainen etanoli on IEA:n (2006b) mukaan kilpailukykyinen, kun raakaöljyn hinta vaihtelee noin 65-70 USD barreilta.

Euroopassa etanolin tuotantokustannuksiksi arvioidaan noin 0,55-0,80 USD litralta. Puupohjaisen Fischer-Tropsch –menetelmällä valmistetun biopolttoaineen tuotantokustannuksiksi arvioidaan 0,90 USD litralta, mutta vasta koevaiheessa olevan toisen sukupolven teknologian kehittymisen myötä tuotantokustannuksen arvioidaan laskevan noin 0,70-0,80 USD litralta (IEA 2006b). Vuonna 2004 kustannus arvioitiin selvästi alhaisemmaksi 0,40-0,50 USD litralta (taulukko 2).

Taulukko 2. Arvio biopolttoaineiden tuotantokustannuksista.

	Biopolttoaineen raaka-aine	Referenssi-vuosi	Tuotantokustannus USD/litra	
Etanoli				
-	Brasilia	Sokeriruoko	2003	0,20
-	Yhdysvallat	Maissi	2004	0,32-0,55
-	Ranska	Sokerijuurikas	2001	0,63
-	UK	Sokeriruoko	2003	0,81
-	USA	Puu	2004	0,40-0,50*
-	Ruotsi	Puu	2002	0,61
-	Ruotsi	Olki	2003	0,76
Biodiesel				
-	Yhdysvallat	Öljykasvit	2003	0,62
-	Yhdysvallat	Öljykasvit	2004	0,63-0,80
-	EU	Öljykasvit	2003	0,77
-	Saksa	Öljykasvit	2004	0,66-0,77
-	Pohjois-Amerikka	Elintarviketeollisuuden öljyt ja jäterasvat	2004	0,42-0,60

* Arvio puuperäisen polttoaineen tuotantokustannuksista

Lähde: IEA 2004

Suomessa etanolin tuotantokustannukseksi arvioitiin vuonna 2006 noin 50 senttiä litralta (0,67 USD/litra), jos raaka-aineena käytetään interventiohintaista⁵ ohraa⁶. Etanolin tuotantokustannuksista raaka-aineen osuuden arvioidaan olevan noin puolet (KTM 2006). Puupohjaisen synteettisen biodieselin tuotantokustannukseksi arvioidaan samoin noin 50 senttiä litralta (0,67 USD/litra), kun raaka-aineena käytettävän metsätähteen hinta käyttöpaikalla on 10 €/MWh (KTM 2006), joka vastaa noin 5 euroa kiintokuutiometriltä.

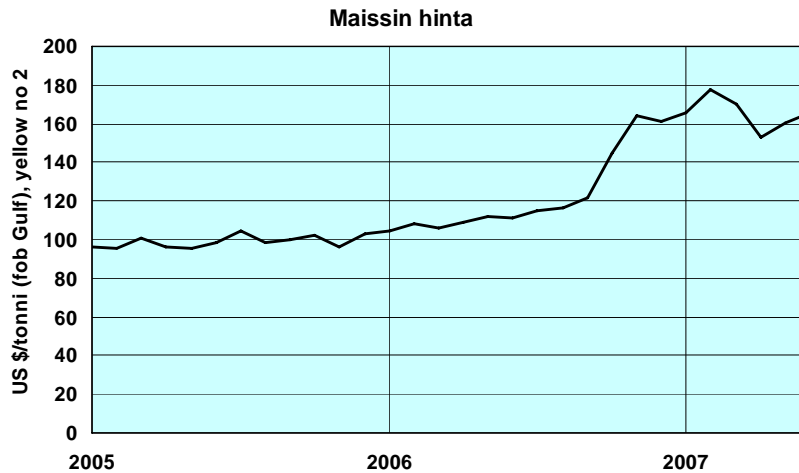
2.2. Maatalousperäisten biomassaraaka-aineiden hinnat

Biopolttoainetuotannon, etenkin nestemäisten biopolttoaineiden tuotannon, kysynnän kasvu vaikuttaa maailman maataloustuotteiden markkinoihin tärkeimpien raaka-aineiden hinnannousuna (OECD-FAO 2007). Rehuviljoista maissi on tärkeimpiä etanolin valmistuksessa käytettävistä raaka-aineista. Sen lisäksi Brasiliassa käytetään sokeriruokoa ja EU:ssa tärkein etanolin raaka-aine on rehuvehnä.

Vuoden 2006 loppupuolelta alkaneen viljatuotteiden hinnannousun taustalla on useita eri tekijöitä. Maailman viljamarkkinat ovat olleet poikkeuksellisen epävakaat vuoden 2006 lopusta lähtien, jolloin lähes kaikkien viljalajien hinnat lähtivät nousuun. Hinnannousua selittää osaltaan toki bioenergian kysynnän kasvu, mutta myös se, että sääolot olivat vuonna 2006 poikkeukselliset ja siten suurien viejämaiden vehnä-, maissi- ja soijavarastot pienevät entisestään. Epävarmuus tulevasta sadosta näkyi viljan hintojen voimakkaana nousuna kansainvälisillä viljamarkkinoilla niin rehu- kuin leipäviljoillakin. Markkinoiden heilunnan voimakkuutta kuvastaa esimerkiksi se, että yhdysvaltalaisen maissin hinta (fob Gulf) nousi vuoden 2006 alkuvuoden 100 US-\$/tonnilta vuoden loppuun mennessä yli 160 US-\$/tonnilta (60 %) (kuvio 1).

⁵ Interventiohintaa on alin minimihinta EU:n interventiovarastoihin ostettavalle viljalle. Markkinointivuonna 2006/2007 interventioon ostettavan tietyt laatuvaatimukset täyttävän viljan perushinta on 101,31 EUR/tonni.

⁶ Ilman maataloustukia kotimaisen ohraetanolin tuotantokustannus on noin 1,2-1,5 euroa/litra. Lähde: Esa Aro-Heinilä, MTT Taloustutkimus.



Lähde: Agrarwirtschaft, ABARE

Kuvio 1. Yhdysvaltalaisen maissin hintakehitys vuosina 2005- 2007 (kesäkuu).

Maissin viljelijöille suotuisa hintakehitys vaikutti viljelijöiden kylvöpäätöksiin keväällä 2007, ja Yhdysvaltojen maatalousministeriön julkaisemissa kylvö-alaennusteissa maissialan ennakoitiin kasvavan 31,7 miljoonasta hehtaarista lähes 37 miljoonaan hehtaariin (15 %) vuonna 2007 (NASS 2007). Ennakoitu kasvu näkyi hintatason lievänä laskuna keväällä 2007 (kuvio 1). Tuleva maissisato riittäisi hyvin kattamaan biopolttoainekysynnän kasvun sekä maissin rehuntarpeen ja näiden lisäksi sitä riittäisi vielä normaalisti vientiin (Agra Europe 2007).

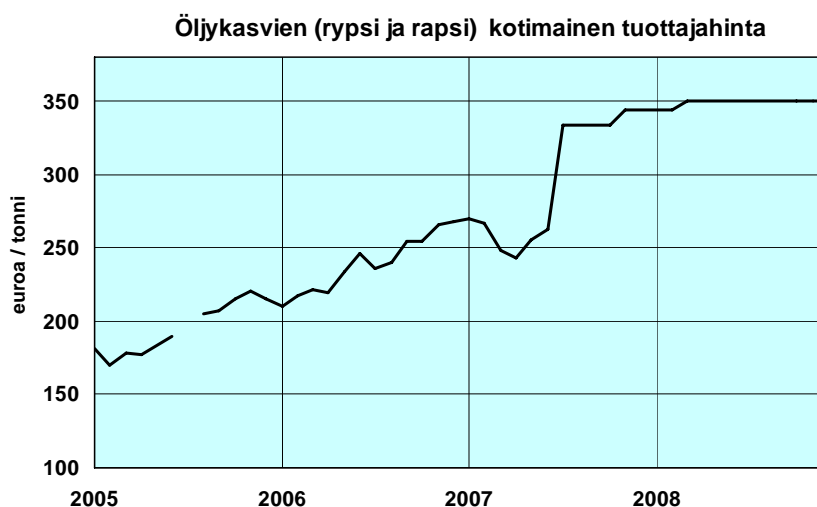
Euroopassa bioetanolin raaka-aineena käytetään pääasiassa vehnää. Myös vehnän hinta ovat olleet nousussa. Vehnällä rakettimainen hinnannousu vuoden 2007 syksyllä johtuu lyhyen aikavälin tekijöistä: heikohkosta sadosta ja niukentuneista varastoista. Suurimpien vehnäntuottajamaiden vehnävarastot olivat vuoden 2007 alussa pienimmät vuosikymmeniin, mikä lisäsi tuntuvasti hintaherkkyttä. Hinnat reagoivat voimakkaasti satoennusteisiin ja satokauden heikkoihin sääoloihin (PTT-katsaus 2007).

EU:ssa biodieselillä on biopolttoaineissa suurin merkitys, ja EU:ssa tuotetaankin lähes 87 % maailman biodieseltuotannosta. Biodieseliä valmistetaan öljykasveista, kuten rapsi, rypsi, soija- ja palmuöljystä. Viljojen hinnannousun ohella öljykasveista merkittävimmän, soijan, hinnan ennakoidaan

nousevan noin 4 % satokaudella 2007-2008, ja tämä vaikuttanee myös muiden öljykasvien hintoihin.

Suomessa maatalouskasvien hinnat ovat myös heilahdelleet. Esimerkiksi rypsin markkinahinta määräytyy Ranskan Matif -raaka-ainepörssissä. Vuonna 2005 hinta oli pääsääntöisesti alle 220 euroa/tonni. Vuoden 2006 lopulla hinta käväisi 270 eurossa/tonni (kuvio 2). Heinäkuussa 2007 öljykasvien hinta oli noussut ennätysellisesti 275 euroon tonnilta.

Osittain öljykasvien hinnannousu johtuu heikoista sadoista maailmalla. Lisäksi maissin viljelyalan kasvu vähentää soijan viljelyalaa USA:ssa, joka taas merkittävimpana öljykasvina maailmassa vetää muidenkin öljykasvien hintoja ylöspäin. Suomessa biodieselin raaka-aineena käytetään pääasiassa tuontiraaka-ainetta eli palmuöljyä, jonka maailmanmarkkinahinta on noussut kasvavan kysynnän myötä vuoden 2006 loppupuolelta lähtien (kuvio 3). Kesäkuussa 2007 palmuöljyn hinta oli 600 euroon tonnilta, kun 2000-luvun alkupuolella hinta pysytteli noin 300-450 eurossa tonnilta.



Lähde: Tike, ennuste PTT

Kuvio 2. Öljykasvien hintakehitys Suomessa vuosina 2005- 2008. Vuonna 2005 kuukausidataa ei saatavilla kaikista kuukausista.



Lähde: ETLAn tietokanta

Kuvio 3. *Palmuöljyn maailmanmarkkinahinta vuosina 2000-2007 (kesäkuu).*

Maataloussektorin sopeutuminen muuttuneeseen kysyntätilanteeseen

Maataloussektorilla sopeutuminen lisääntyneeseen kysyntätilanteeseen näkyy esimerkiksi tärkeimpien viljakasvien viljelyalan kasvuna maailmassa. Peltopotentiaalia on maailmalla käytettävissä, sillä nykyisessä markkinatilanteessa kaikki viljeltävissä oleva peltoala ei ole käytössä. Esimerkiksi merkittävimmissä tuottajamaissa, kuten Yhdysvalloissa ja EU:ssa, viljelykseen kelpaavia peltoja on laitettu reserviin yhteensä yli 20 miljoonaa hehtaaria osin ylituotannon rajoitustoimenpiteenä.

Vuonna 2006 biopolttoaineiden tuotantoon peltoalasta käytettiin koko maailmassa noin 14 miljoonaa hehtaaria (1 %), joten biopolttoaineiden tuotantoala voitaisiin kaksinkertaistaa ilman, että peltoa olisi raivattava lisää tai energiakasvien tuotanto syrjäyttäisi nykyistä ravinto- ja rehut tuotantoa pelloilla.

Yhdysvalloissa on peltoa reservissä ns. CRP-ohjelmassa (*Conservation Research Program*). Vuonna 2007 arviolta 11 miljoonan peltohehtaarin osalta sopimuskausi ohjelmassa päättyy ja suuren osa tästä alasta ennakoidaan palautuvan suotuisan markkinatilanteen siivittämänä takaisin viljelykäyttöön

muutaman vuoden kuluessa. Ohjelmaan arvioidaan jäävän viljelykseen kelpavaa peltoreserviä vielä noin 4,5 miljoonaa hehtaaria (Australian Commodities 2007)⁷.

Euroopan unionissa on vuonna 2007 peltoa poistettu tuotannossa pakollisella kesantoprosentilla noin 4 miljoonaa hehtaaria, ja vapaaehtoisesti viljelijät ovat kesannoineet noin 3 miljoonaa hehtaaria, eli kesantoreserviä on noin 7 miljoonaa hehtaaria. Euroopan unionissa on tosin ollut mahdollista viljellä energiakasveja myös kesantoalalla, mutta käytännössä tämä on ollut vähäistä. Seuraavassa Euroopan unionin yhteisessä yhteisen maatalouspolitiikan tarkastelussa nk. CAP:in terveystarkastuksessa vuonna 2008 tullaan todennäköisesti arvioimaan kesannointijärjestelmän tarpeellisuutta ja laajuutta markkinatilanteen mukaan. Tiukasta viljan markkinatilanteesta johtuen jo syksyn 2007 ja kevään 2008 kylvöille kesannointivelvoiteprosentin vahvistettaneen nollassa (Euroopan komissio 2007). Tämä rauhoittanee viljajamarkkinoita myös hintakehityksen osalta.

Peltoresurssien hyödyntämisen lisäksi maataloudessa on muuta nopeasti hyödynnettävissä olevaa biomassaa, jota ei tällä hetkellä intensiivisesti hyödynnetä. Tällaisia maatalouden sivuvirtoja ovat muun muassa liete, olki ja viljelykasvien korret. Näiden käytön lisääminen bioenergiantuotannossa ei juurikaan lisää maankäyttöön kohdistuvia paineita.

2.3. Puun ja puuvartisten kasvien tuotanto energiaksi

Puuta on perinteisesti tuotettu ja käytetty paikallisesti polttopuuna lämmöntuotantoon ja edelleen maailman puun hakkuista käytetään suoraan energiaksi lähinnä polttopuuna yli puolet. Maailman maapinta-alasta 30 % luokitellaan metsäksi (Metsätilastollinen vuosikirja 2006, FAO) ja tällöin maailman metsien kokonaispinta-ala on 3,95 miljardia hehtaaria. Metsät ovat pääosin julkisomistuksessa (valtiot ja osavaltiot). FAO:n viimeisimmän metsävararvion mukaan 13-14 % maailman metsistä on yksityisomistuksessa ja loput lähinnä valtioiden omistuksessa (FAO 2006). Omistussuhteilla on vaikutusta

⁷ Päätöksiä myös tämän ohjelmaan jäävän peltoreservin mahdollisesta viljelyskäyttöön ottamista nopeammalla aikataululla ei ollut vuoden 2007 syksyyn mennessä tehty (USDA 2007).

metsien käyttötapoihin ja hoitoon ja siten myös energiaksi käytettävän puun korjuuseen.

Puuston tilavuus hehtaaria kohden on noin 110 kiintokuutiometriä globaalisti, kun Suomessa jäädään noin 100 m³ tasolle. Metsien vuotuiset hakkuut maailmassa on arvioitu (1990-luku ja 2000-luvun alku) noin 3-3,5 miljardin kiintokuutiometrin (m³) suuruiseksi. Hakkuumäärä ei juuri ole vuonna 2005 suurempi kuin vuonna 1990, mutta tänä aikana kehitys on kulkenut U-käyrää niin, että 2000-luvulla hakkuut ovat olleet kasvussa. Sekä polttopuun että teollisen puun hakkuut ovat hienoisesti nousseet (Metsätilastollinen vuosikirja 2006). Kehityksessä on kuitenkin selviä vuotuisia ja alueellisia eroja. 1990-luvun aleneminen hakkuissa ja puun käytössä liittyi erityisesti Neuvostoliiton hajoamiseen.

Maailman metsien kokonaishakkuista hieman yli puolet (vuosittain 1,5-1,9 miljoonaa m³) käytetään suoraan polttopuiksi. Lisäksi teollisesti jalostettavasta puusta myös jonkin osuus käytetään energiaksi sivutuotteiden muodossa. Voitaneenkin arvioida, että 60-70 % maailman hakkuista päättyy energiatuotantoon joko suoraan tai välivaiheiden kautta. Tällöin 4-5 % maailman koko energiatuotannosta ja vajaa puolet bioenergiatuotannosta perustuu puuenergiaan. Myös Euroopassa ja Suomessa arviolta puolet vuosittain hakattavasta tai käytettävästä puusta päättyy välivaiheiden kautta energiatuotantoon (Toivonen 2006). Esimerkiksi Suomessa teollinen puunkäyttö on ollut viime vuosina 70-75 miljoonaa m³. Puuhun perustuva energiatuotanto on ollut noin 20 % maan kaikista energianlähteistä (Energiatilasto 2006). Tällöin puuta käytetään energiaksi 35-38 miljoonaa kuutiota eli noin puolet kotimaan hakkuiden ja puun nettotuonnin yhteismäärästä.

Puubiomassaa pidetään merkittävimpanä uusiutuvana luonnonvararesurssina maapallolla, ja puuperäisen biomassan käyttö energiaksi lisääntyy voimakkaasti johtuen muun muassa Kioton ilmastopimuksesta. Maanosittain Aasiassa arvioidaan olevan 43 % maailman metsävaroista (taulukko 3). Metsävaroiltaan suurimpia yksittäisiä maita maailmassa ovat Brasilia, Indonesia, Venäjä ja Kanada (Hillring 2006).

Taulukko 3. *Maailman puupolttoaineiden tuotanto vuonna 2002 (Hillring 2006).*

Alue	Miljoonaa kuutiometriä	Suhteellinen osuus
Aasia	782,2	43,4
Afrikka	552,4	30,7
Eurooppa	105,7	5,6
Pohjois- ja Keski-Amerikka	158,6	8,8
Oseania	13,0	0,7
Etelä-Amerikka	189,4	10,5
Maailma	1 801,3	100,0

Aasian kehittyvissä maissa puupolttoaineiden kulutuksen arvioidaan lisääntyvän 1,6 % vuodessa. Keskimääräinen hinta puupolttoaineelle on noin 30 euroa/tonnilta (Hillring 2006). Pääasiassa polttopuuna Aasiassa ja Afrikassa käytetään tuoreita ja kuivuneita rankoja ja oksia kun taas esimerkiksi Euroopassa polttopuuna käytetään metsistä hakattavaa runkopuuta. Hakkuutahteista energiaksi hyödynnetään latvoja, oksia ja kantoja vain Pohjoismaissa ja jossain määrin Pohjois-Amerikassa, ja näilläkin alueilla käyttö on vähäistä suhteessa raaka-ainepotentiaaliin.

Energiapuulla käydään kulutukseen nähden hyvin vähän kauppaa, sillä energiapuu eri muodoissaan (oksat, runkopuu, teollisuuden sivutuotteet) on yleensä paikallisesti käytettävä kotitarvetuote tai teollisuuden itse käyttämä energia-raaka-aine. Aasiassa, Afrikassa ja Etelä-Amerikassa puuta hakataan ja kerätään kotitalouksien tarpeisiin lähinnä valtioiden virallisesti omistamista metsistä. Maaseudun ihmiset kuitenkin käyttävät metsiä omiin tarpeisiinsa. Esimerkiksi joissakin Afrikan maissa yli 90 % hakkuista saattaa olla polttopuuta lähinnä valtion omistamista metsistä, ja puu ei kuitenkaan päädy kaupallisille markkinoille. Köyhyys lisää polttopuun hakkuita. Euroopassa Venäjää lukuun ottamatta ja Pohjois-Amerikassa metsät ovat suurimmalta osin yksityisomistuksessa ja polttopuu kerätään tai hakataan kunkin omistajan metsistä, joten polttopuulla ei ole kehittyneitä tai laajoja markkinoita myöskään näillä alueilla.

Kuljetuskustannusten vähentämiseksi ja varastoinnin helpottamiseksi kaupallisesti käytettävä energiapuu jalostetaan usein puuhiileksi, pelleteiksi

tai briketeiksi, mutta näiden valmistuksen volyyymi ja markkinat ovat viime vuosien kasvusta huolimatta edelleen hyvin pienet. Puuhiilen valmistus ja käyttö on viime vuosikymmeninä alentunut.

Puun teollinen käyttö on viime vuosikymmeninä lisääntynyt etenkin monissa kehittyneissä maissa. Eniten on kasvanut puulevyjen tuotanto, ja tätä buumia on nostattanut muun muassa Aasian, etenkin Kiinan nopea talouskasvu. Kuitenkin myös paperin ja kartongin tuotanto on ollut jatkuvassa ja voimakkaassa kasvussa (Metsätilastollinen vuosikirja 2006). Nämä teollisuudenalat käyttävät raaka-aineenaan pieniläpimittaista puuta ja mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteita, jotka ovat myös potentiaalisimpia puuperäisen bioenergian raaka-aineita.

Suurimpia puutuotteiden (sahatavara, paperi) viejämaita ovat Kanada, Yhdysvallat, Suomi ja Ruotsi, joilla on itsellään on asukasluvuun verrattuna runsaat metsävarat (taulukko 4). Tämä on lisännyt ainespuun kauppaa esimerkiksi Euroopassa. Samalla pyöreän polttopuun kauppa ja myös hakkeen kauppa ovat kansainvälisesti jonkin verran lisääntyneet, mutta esimerkiksi pyöreän polttopuun kauppa on kasvanut vähemmän kuin teollisen raakapuun kansainvälinen kauppa.

Kehittyneissä maissa energiaksi käytettävä puubiomassa on pääasiassa metsäteollisuuden sivutuotteena tulevaa purua ja kuoritähdettä sekä mustalipeää selluteollisuuden prosesseista. Metsäteollisuus myös käyttää itse valtaosan tästä bioenergiasta, joten kaupallisille markkinoille päätyy hyvin vähän metsäteollisuuden sivutuotteena syntyvää puubiomassaa. Jonkin verran esimerkiksi paperitehtaat ja mekaanisen puuteollisuuden laitokset kuitenkin myyvät tuottamaansa lämpöenergiaa. Sahoille pellettien valmistus tarjoaa uuden mahdollisuuden jalostaa sivutuotteitaan pidemmälle.

Euroopan unionin (EU 25) pinta-alasta on metsää 38 % (145,6 miljoonaa hehtaaria). Metsistä 62 % on yksityisomistuksessa ja loput julkisomistuksessa (lähinnä valtiot). Metsien hakkuut olivat vuonna 2005 noin 405 miljoonaa m³ (vuonna 2004 372 miljoonaa m³), josta polttopuun osuus on runsaat 45 miljoonaa m³. Joissakin Euroopan unionin maissa hyödynnetään myös kokorunkopuu hakkuiden jälkeen jäävää hakkuutähdebiomassaa bioenergian lähteenä, mikä ei lukeudu yllä oleviin lukuihin.

Taulukko 4. Vuoden 2000 maailman suurimmat puutuotteiden viejämaat (Hillring 2006).

Maa	Arvo, 1000 USD	Suhteellinen osuus
Kanada	29 715 800	20,45
Yhdysvallat	16 711 400	11,50
Suomi	10 948 100	7,53
Ruotsi	9 956 570	6,85
Saksa	9 949 750	6,85
Ranska	5 907 560	4,06
Indonesia	5 578 100	3,84

Euroopan unionin metsien vuotuisesta kasvusta hakataan noin kaksi kolmasosaa, joten periaatteessa alueen metsissä olisi teoriassa reservejä lisätä puun käyttöä jopa 100-150 miljoonaa m³ ilman, että eurooppalaisen metsäteollisuuden puun saatavuus ja toiminnan laajuus (vuonna 2007) vaarantuu. Oletuksena on tosin, että puun tuonti Euroopan ulkopuolelta ja erityisesti Venäjältä ei pienenny⁸, sillä Euroopan unioni on merkittävä puun nettotuojalualue. Lisäksi oletuksena on, että puun korjuu vaikeiltakin alueilta olisi kannattavaa ja teknisesti mahdollista ja luonnonsuojelu-, maisema- ja virkistysarvot sekä yleinen mielipide sallivat huomattavasti lisätä hakkuita.

Hakkuutähteitä olisi periaatteessa mahdollista kerätä huomattavasti nykyistä enemmän Euroopassa. Hakkuutähteiden hyödyntäminen on tosin kytköksissä teollisen puun kysyntään eli jos kokorunkopuulle ei ole riittävästi teollista kysyntää ja hakkuut pienentyvät, metsään jää bioenergiaantuotannossa hyödynnettävää raaka-ainetta enemmän. Vastaavasti teollisuuden ainespuun kysynnän ja hakkuiden kasvaessa myös hakkuutähdettä tulee enemmän saataville energiatuotannon tarpeisiin (EEA 2006).

EEA:n (*European Environmental Agency*) arvio puuperäisen biomassan potentiaalista perustuvat EFICEN (The European Forest Information Scenario) –malliin 21 Euroopan maassa (poislukien Malta, Kypros, Malta ja Luxemburg) (Karjalainen ym. 2002, Nabuurs ym. 2003, Päivinen ym. 1999). EEA

⁸ Vuonna 2007 puun tuonti erityisesti Venäjältä pienentyi säiden heikennettyä korjuumahdollisuuksia. Lisäksi uhkana oli puun tuonnin pysyvämpi pienentyminen venäjän asettaman vientitullien korotusohjelman vuoksi.

arvioi, että kokopuuhakuun hakkuutähteistä metsäenergiapotentiaali on noin 15 Mtoe vuonna 2010 ja vuoteen 2030 mennessä määrä kohoaa noin 16,3 Mtoe. Sen lisäksi täydentävillä hakkuilla olisi tätä potentiaalia mahdollista kasvattaa vielä 28 Mtoe vuoteen 2010 mennessä. Potentiaalia voitaisiin kasvattaa vielä 23 Mtoe:en vuoteen 2030 mennessä.

EEA:n laskelmat kuitenkin olettavat, että puun käyttö paperin valmistuksessa merkittävästi laskisi, jolloin puuvaroja olisi aikaisempaa enemmän käytössä energian tuotantoon. Oletus paperin tuotannon vähenemisestä on kuitenkin selvästi ristiriidassa FAO:n 2005 tekemän pitkän aikavälin metsäteollisuustuotteiden kulutusennusteen kanssa. Tällöin Eurooppaan olisi mahdollisesti ryhdyttävä tuomaan lisää metsäteollisuuden tuotteita.

2.4. Biopolttoainetuotannon kehitys ja tavoitteet tärkeimmissä tuottajamaissa

Brasilia maailman johtava etanolin viejämaa

Brasilia on maailman suurin etanolin viejämaa. Jo 1970-luvulla Brasilian hallitus käynnisti kansallisen polttoaineohjelman, Proálcool, lisätäkseen kotimaisen polttoaineen kulutusta liikennesektorilla. Brasiliassa sokeriruo'osta valmistettavan etanolin tuotanto oli huipussaan jo 1980-luvulla, mutta tuotanto laski öljyn hinnan laskun myötä. Vaikka Brasilia onkin bioetanolin tuotantokustannuksiltaan maailman edullisimpia maita, kotimaista polttoainetuotantoa tuetaan myös verohelpotuksin ja markkinoita säätelemällä. Markkinoiden säätely perustuu viralliseen sekoituspakkoon, jossa etanolin osuus polttoaineessa määritetään 20-25 prosentiksi. Muita etanolin tarjontaa lisääviä keinoja ovat muun muassa etanolin varastointiin myönnettävät lainat ja alhaisempi valmistevero (OECD 2006).

Brasiliassa kotimaisen etanolin kysynnän kasvuun vaikuttaa se, että useimmat ajoneuvot ns. flex-fuel⁹ autot Brasiliassa sallivat erilaisia polttoainesekoitusten käytön. Näiden autojen myynti alkoi Brasiliassa huhtikuussa 2003 ja niitä myytiin vuoden loppuun mennessä noin 80 000. Vuonna 2005

⁹ Flex-fuel autot kykenevät käyttämään joustavasti erilaisia etanolin ja bensiinin seoksia.

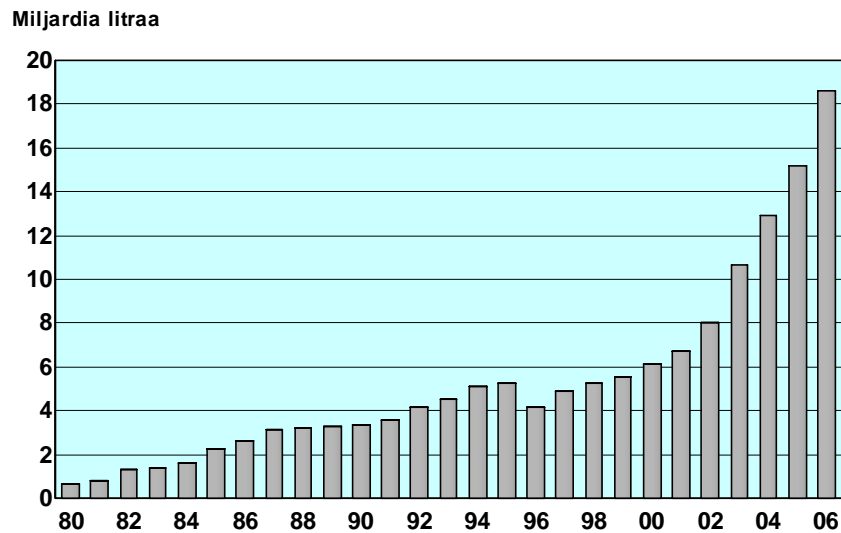
myynti kohosi 905 000 autoon, jolloin 70 % uusista myydyistä autoista on flex-fuel autoja (GAIN 2006a).

Vuonna 2007 Brasiliassa sokeriruo'on viljelyala on noin 10 miljoonaa hehtaaria, kun maan koko viljelyala on noin 60 miljoonaa hehtaaria. Lisäksi laidunmaata on noin 220 miljoonaa hehtaaria, josta puolet voitaisiin ottaa viljelysmaaksi karjankasvatuksen kärsimättä (Kauppapolitiikka 2007). Brasiliassa on siten mahdollisuuksia lisätä biopolttoaineiden tuotantoa noin 100 miljoonaa hehtaarin alalle.

Yhdysvallat ohitti etanolin tuotannossa Brasilian

Yhdysvalloissa virallinen tavoite on nostaa 2,78 % etanolin osuudeksi liikennepolttoaineiden kulutuksesta. Etanolin kotimaista tuotantoa tuetaan erilaisin kannustimin, kuten verohelpotuksin. Jokaiselta sekoittamaltaan etanoligallonalta (*1 gallona = 3,78541 litraa*) polttoaineen sekoittaja on oikeutettu saamaan verohelpotuksia 0,51 senttiä (Westcott 2007). Biopolttoaineiden kulutusta pyritään lisäämään myös mm. flex-fuel ajoneuvojen verohelpotuksin. Lisäksi erityisesti kotimaista tuotantoa suojataan asettamalla tuodulle etanolille tuontitulli, joka on 54 senttiä gallonalta (Westcott 2007).

Yhdysvalloissa maissista valmistettavan etanolin tuotannon ennakoidaankin kasvavan huomattavasti. Etanolin tuotantokapasiteetti oli vuonna 2006 lähes 19 miljardia litraa (kuvio 4). Määrä vastaa noin 3,5 prosenttia moottoriajoneuvoissa käytettävästä polttoaineesta. Uusiutuvien polttoaineiden tuotantomääräksi biopolttoaineita koskevassa standardissa (Renewable Fuels Standard) tavoitellaan vuoteen 2012 mennessä lähes 28,5 miljardia litraa (RFA 2006). Etanolitehtaita maassa oli vuoden 2006 alussa noin 119, mutta tehtaita rakennetaan ja laajennetaan jatkuvasti lisää. Tuotannon ennakoidaan jopa ylittävän kansallisen biopolttoainetavoitteen lähivuosina (OECD-FAO 2007). Pääasiassa etanolitehtaat sijaitsevat perinteisesti vahvalla viljavähyhykkeellä, mutta uusia tehtaita rakennetaan myös tämän alueen ulkopuolelle.



Kuvio 4. Etanolin tuotanto Yhdysvalloissa vuosina 1980-2006 (RFA 2007).

Maissia käytetään noin 55 miljoonaa tonnia vuonna 2006 ja sen arvioidaan kaksinkertaistuvan 110 miljoonaa tonniin vuoteen 2016 mennessä (FAO-OECD 2007). Maissisadosta arviolta noin kolmannes käytetään jatkossa etanolin valmistukseen (Westcott 2007).

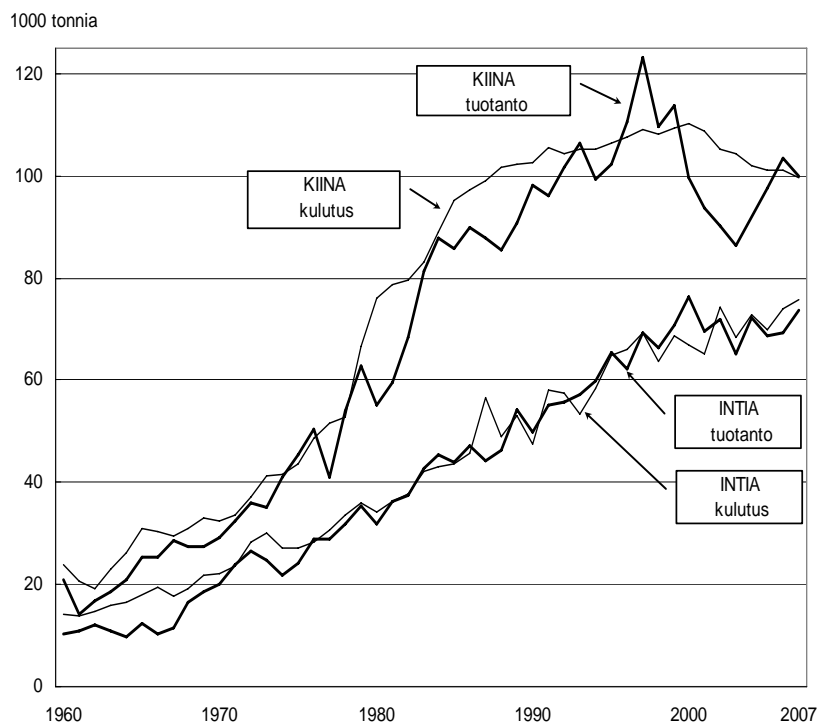
Yhdysvalloissa biodieselin tuotannon ennakoidaan säilyvän varsin marginaalisena etanolin tuotantoon verrattuna. Biodieselin tuotannossa pääraaka-aineena on soijaöljy, jota käytetään arviolta noin 2 miljoonaa tonnia vuonna 2007 ja vuoteen 2011 mennessä sen arvioidaan kasvavan vain 2,3 miljoonaa tonniin (FAO-OECD 2007).

Kehittyvien maiden pelto- ja metsäbiomassojen hyödyntäminen - yleistilanne

Kehittyvien maiden haasteena on ensisijaisesti käyttää peltoja elintarvikkeiden tuotantoon, jotta ruoantuotanto pysyisi kasvavan väestön ja kulutustottumusten muutosten vauhdissa. Elintarvikeomavaraisuuden merkitys korostuu entisestään, kun maailman viljavarastot ovat pienentyneet olennaisesti. Esimerkiksi tärkeimmän leipäviljan, vehnän, suurimpien viejämaiden varastot ovat niukentuneet historiallisen alhaiselle tasolle ja siten vehnän hinta reagoi

nyt voimakkaasti satomäärien vaihteluun. Etenkin Intia on suurimpia viljan ostajamaita.

Vielä toistaiseksi Kiinassa ja Intiassa vehnän kotimainen tuotanto on pysynyt kasvavan kysynnän vauhdissa. Jatkossa haasteita riittää kasvavan väestön, tulotason kohoamisen sekä kulutustottumisten muutosten myötä (kuvio 5). Lisäksi kehittyvillä mailla on mittavia ympäristön saastumiseen liittyviä ongelmia, jotka nekin kannustavat biomassan tuotantoon. Esimerkiksi Kiinassa arvioidaan, että noin 30 prosenttia viljelysmaasta kärsii hap-pamoitumisesta (Worldwatch 2006).



Kuvio 5. Vehnän tuotanto ja kulutus Kiinassa ja Intiassa vuodesta 1960-2007 satovuosittain vuodesta 1960 lähtien (Lähde: USDA).

Kiinan biopolttoaineiden tuotanto

Uusiutuvien energialähteiden lisäämisen taustalla kehittyvissä maissa ovat energiaomavaraisuuteen ja öljyn hinnannousuun liittyvät kannustimet, kuten monilla muillakin mailla. Kiinan talous kasvaa jatkuvasti 8-9 % vauhdilla, mikä näkyy myös energian kulutuksen kasvuna. Taloudellinen kehityksen myötä keskiluokkaisen väestön osuus kasvaa, ja siten esimerkiksi autokannan kasvu on Kiinassa maailman nopeinta (GAIN 2006b). Autokanta ylitti 10 miljoonan rajan vuonna 2003, mutta saavutti 20 miljoonaa jo vuonna 2006 (Yinling 2007).

Kiinassa tuotetaan sekä etanolia ja biodieseliä, joista etanolin osuus on tällä hetkellä suurempi. Yhdysvaltojen ja Brasilian jälkeen Kiina on maailman kolmanneksi suurin etanolin valmistaja. Vuonna 2006 Kiinassa valmistettiin etanolia arviolta 2 miljardia litraa. Etanolia valmistetaan neljässä tehtaassa, Heilongjiangin, Jilin, Henan ja Anhuin maakunnissa. Vuodelle 2007 on suunnitteilla lisäksi kolme tehdasta (GAIN 2006b).

Raaka-aineena käytetään lähes 90 prosenttisesti maissia ja loput vehnää. Jos maissia käytetään edelleen samaan tapaan kuin tähän astikin, kasvaa maissin kulutus 25 % nykyisestä. Tällöin kuluvan vuosikymmenen loppuun mennessä Kiina joutuu tuomaan maissia arviolta noin 10 milj. tonnia ja Kiinasta tulee nettoviejän sijasta maissin nettotuojaja (GAIN 2006b). Vehnän käyttöä raaka-aineena rajoittaa korkea kotimainen vehnän kysyntä elintarvikkeeksi.

Puun ja puuvartisten kasvien tuotanto energiaksi ja energiakäyttö Kiinassa

Myös uudemman teknologian lingnoselluloosapohjainen laitos on otettu koe-käyttöön Kiinassa (GAIN 2006b). Vaikka teknologia ei ole kaupallisessa mielessä kannattavaa tällä hetkellä, niin tämän teknologian etuna raaka-ainepohjan laajentaminen elintarvikkeiksi käytettävistä vilja- ja muista kasveista esimerkiksi maatalousjätteisiin, heinäkasveihin, lietteeseen, jäteveisiin, kasvien korsiosiin sekä myös puupohjaisiin biomassoihin.

Kiinassa on kymmeniä miljoonia hehtaareja maa-alueita, jotka ovat nykyään puuttomia, mutta periaatteessa varattu metsätalouden käyttöön. Osa alueista saattaa olla saastuneita tai muuten heikkokuntoisia, esimerkiksi maaperältään köyhiä. Alueet ovat kiinnostavia istutusmetsätalouden lisäämiseksi, mukaan lukien energiaksi tuotettavat puukasvit. Esimerkiksi Kiinan

valtion metsähallinnosta vastaavat viranomaiset (Chinese State Forestry Administration SFA) ovat ilmaisseet, että Kiinassa voitaisiin periaatteessa ottaa käyttöön 13 miljoonaa hehtaaria metsätaloudelle allokoitua, mutta vähäpuustoista maata, jolla voitaisiin tuottaa biomassaa (Yingling 2007). China SFA ja energiayhtiö PetroChina ovat jo solmineet (v. 2007) sopimuksen, jolla lisätään Yunnanin ja Sichuanin maakunnissa öljypitoisen pensaan (*Jatropha curcas*, myrkkypensas¹⁰) istutuksia noin 40,000 ha. Suunnitelmia määrän lisäämiseksi monikymmenkertaiseksi on olemassa. Yksin Yunnanin maakunta on ilmoittanut haluavansa tulla maan bioenergiatuotannon keskuksiksi, ja tavoitteen on tuottaa 4 miljoonaa litraa etanolia ja 0,6 miljoonaa litraa biodieseliä vuonna 2015.

2.5. Biopolttoainetuotanto kiihtyy Euroopassakin

EU:ssa uusiutuviin energialähteisiin liittyvän kiinnostuksen taustalla on useita syitä. Energiaomavaraisuuden parantaminen sekä kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen korvaamalla öljyä ja kivihiihtä uusiutuvilla ja siten hiilineutraaleilla polttoaineilla ovat motiiveista tärkeimmät. Öljyn lisääntyvä kysyntä ja niukentuva saatavuus lisäävät energian saatavuuteen liittyviä riskejä, sillä esimerkiksi poliittiset tai taloudelliset konfliktit voivat johtaa katkoksiin toimituksissa ja hintojen voimakkaaseen heiluntaan. Ilmastonmuutos saattaa myös aiheuttaa taloudelle haitallisia yllättäviä heilahduksia ja lisätä riskejä muun muassa lisääntyvien säätilojen ääri-ilmiöiden kautta. Pidemmällä aikavälillä ilmastonmuutoksen aiheuttamien taloudellisten vaikutusten on ennakoitu olevan huomattavia (Stern 2006).

Vuodesta 1997 lähtien EU:n tavoitteena on ollut nostaa uusiutuvien energialähteiden osuutta energiankulutuksesta. Uusiutuvan energian käytön lisäämisen taustalla ovat ympäristöhyödyt. EU on myös sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi riippuvuus tuontienergiasta huolettaa. Euroopan unioni on hyvin öljyriippuvainen, sillä EU-25:ssa öljyn osuus kokonaisenergian kulutuksesta on 37 %. Uusiutuvien energialähteiden osuus EU-25:ssa on 6 %, josta biomassan osuus on lähes kaksi kolmannesta. Vesi-

¹⁰ *Jatropha curcas* on pensasmainen öljykasvi, jonka siemenet voidaan korjata kahdesti vuodessa. Kasvi on tuottoisa vuosikymmenten ajan ja viihtyy kuivilla ja heikkotuottosilla mailla, eikä siten kilpaile viljelymaasta muiden lajikkeiden kanssa. Kasvin siemenet ovat hyvin öljypitoisia. Hankaluutena on, että ne ovat myös erittäin myrkyllisiä.

voiman osuus uusiutuvista energianlähteistä on lähes kolmannes. Muita uusiutuvia energianlähteitä ovat aurinko- ja tuulivoima sekä maalämpö, mutta näiden energialähteiden osuus on muutaman prosentin luokkaa.

Vuoteen 2010 mennessä EU:ssa uusiutuvien energialähteiden tavoiteltavat osuudet kokonaisenergian kulutuksesta on 12 %. Sähkötuotannossa uusiutuvien osuudeksi tavoitetaan 21 %, ja liikennepolttoaineissa 5,75 %. Lämmöntuotantoon uusiutuville energialähteille ei ole asetettu erityistä tavoitetta.

Vuoden 2007 alussa EU linjasi tavoitteekseen nostaa uusiutuvien energialähteiden osuus 20 % koko energian käytöstä vuoteen 2020 mennessä, kun osuus oli vuonna 2005 noin 6 %. Lisäksi tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia. Liikennepolttoaineissa biopolttoaineiden osuuden tulisi nousta nykyisestä noin 1,4 % ensin 5,75 % vuoteen 2012 mennessä ja kymmeneen vuoteen 2020 mennessä (KOM 2007: 848).

EU:n tavoitteet vuodelle 2010 eivät todennäköisesti täysin toteudu, sillä uusiutuvan energian osuus ei ole merkittävästi noussut vuosina 1995-2005. Vaikka bioenergian ja muun uusiutuvan energian käyttö on lisääntynyt reilusti, kasvaa myös kokonaisenergian kulutus EU:ssa. Siten uusiutuvan energian suhteellinen osuus nousee vain hitaasti. Sama pätee liikennepolttoaineisiin, sillä biopolttoaineiden osuus oli vain 1,4 % vuonna 2006 (KOM 2007:848).

EU pystyy nopeasti lisäämään uusiutuvan energian tuotantoa ennen kaikkea hyödyntämällä biomassaa laaja-alaisesti. Tällä hetkellä EU:n uusiutuvasta energiasta noin kaksi kolmasosaa perustuu biomassaan. Tämä kattaa noin neljä prosenttia EU:n koko energian kulutuksesta. Biomassasta noin neljä viidesosaa on peräisin puusta, loput ovat maatalouden sivutuotteita ja yhdyskuntajätettä (IEA 2006a)

EU:n tavoitteisiin pääseminen merkitsisi mullistuksia maatalous- ja metsäsektoreilla sekä energiateollisuudessa. Oletetaan, että suurin osa uusiutuvan energian käytöstä tuotetaan EU:ssa ja bioenergian osuus uusiutuvasta energiasta on kaksi kolmasosaa. Tällöin EU:n koko energian kulutuksesta bioenergialla tuotettaisiin kahdeksan prosenttia eli 140-160 Mtoe vuonna 2010. Vuonna 2020 bioenergian osuus olisi 13 prosenttia (noin 250 Mtoe). Nykyiseen nähden bioenergiaa tarvittaisiin lisää 80 Mtoe vuoteen 2010 mennessä ja vuoteen 2020 mennessä vielä 100 Mtoe lisää. Vertailun vuoksi koko maailmassa tuotettiin biopolttoainetta noin 20 Mtoe vuonna 2005 (PTT-katsaus 2007).

Mikäli bioenergian koko lisatarve katettaisiin pelkästään puulla, tarvittaisiin jo vuonna 2010 arviolta 400-450 miljoonaa kuutiometriä lisää puuta. Tämä on enemmän kuin EU:n nykyiset vuotuiset hakkuut ja ylittää reilusti metsien kasvun ja hakkuiden välisen erotuksen. EU:n metsien kasvu ei siten kata lisääntyvää energiakysyntää edes lyhyellä aikavälillä, jos metsäteollisuuden puun käyttö säilyy nykyisellään. Vuonna 2020 puun tarve energiaksi ylittäisi jo miljardi kuutiometriä. Tosin laskelma ei sisällä metsätähteitä. Euroopan metsistä saatava puu ei tästä huolimatta kunnolla riittäisi sekä metsäteollisuuden että energiatuotannon tarpeisiin edes lyhyellä aikavälillä saati hieman pidemmällä. Puumarkkinoilla olisi selviä hintojen nousupaineita.

Mikäli koko bioenergian lisästarve vuoteen 2010 mennessä tuotettaisiinkin pelloilla, riittäisi EU:n peltoala laskennallisesti tuottamaan niin paljon biomassaa, että vuoden 2010 tavoitteet saavutettaisiin. Tämä edellyttäisi kuitenkin koko peltoalan käyttöä pelkästään energiakasvien tuotantoon, jolloin elintarvikkeet ja rehut pitäisi tuoda EU:n ulkopuolelta. Vuoden 2020 tavoitteita ei EU:n kaikkien peltujen yhteisellä tuotannolla voitaisi tyydyttää kuin osaksi EU:n peltoalalla ja nykyisellä biomassan jalostusteknologialla.

Bioenergian tuotanto EU:ssa

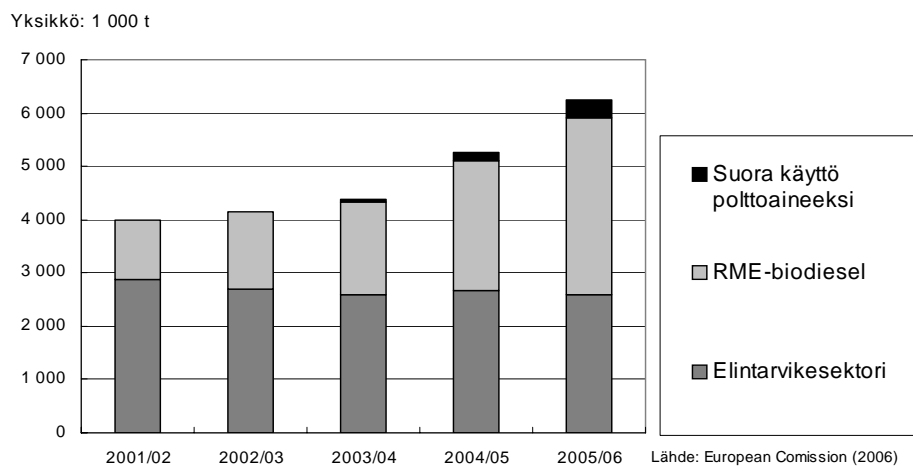
Suurin osa pinta-alasta Euroopassa (EU-25) on peltoa, joka kattaa noin 201 miljoonaa hehtaaria. Eri jäsenmaissa maatalousmaan ja metsäpinta-alan suhde vaihtelee huomattavasti; maatalousmaan osuus esimerkiksi Suomessa on 8 % ja Puolassa vastaavasti 60 % pinta-alasta. Hyödynnettävissä oleva puuntuotantoon soveltuva metsäala on EU-25:ssa noin 122 miljoonaa hehtaaria. Tämän lisäksi on muuta metsämaata 24 miljoonaa hehtaaria. Metsämaan määrän Euroopassa ennakoidaan pysyvän suhteellisen vakiona myös tulevaisuudessa. Eurooppalaisten metsien puuston määrä hehtaaria kohti vaihtelee huomattavasti eri maissa: Suomessa 90-100 kuutiota hehtaarilta, Espanjassa noin 50 kuutiota hehtaarilta ja Keski-Euroopassa yli 300 kuutiota hehtaarilta (Ericsson ja Nilsson 2006).

Maatalouden tuottamasta biomassan raaka-aineista tärkeimpiä tällä hetkellä ovat EU:ssa öljykasvit biodieselin tuotannossa. 90 % maailman biodieselistä tuotetaan EU:ssa. Biodieselissä EU:n suhteellinen kilpailukyky onkin parempi kuin etanolin tuotannossa (OECD 2006). EU:n biodieselin tuotannon arvioidaan kasvavan seuraavan viiden vuoden aikana 20 %. Jonkinlainen

kynnyskysymys on riittävä biodieselin raaka-aineen saanti ja puristuskapasiteetti laajenevalla bioenergiasektorilla.

EU:ssa öljykasvien kysyntä on ollut tasaisessa kasvussa viime vuosien aikana, ja erityisesti öljykasveista rapsilla on ollut kysyntää energiakasviksi. Rapsin suurimpia tuottajamaita ovat Saksa ja Ranska. EU-25:n rapsin tuotannosta jopa 58 prosenttia käytetään jo biodieselin tuotantoon, joten bioenergian tuotannon kasvulla tulee olemaan merkittävä vaikutus öljykasvimarkkinoilla (kuvio 6). Biodieseliä tuotetaan EU:ssa vuonna 2007 noin 6 157 tuhatta tonnia (Fapri 2007).

Etanolin valmistuksessa peltokasveista tärkeimpänä on vehnä, maissi, ohra ja ruis. Bioetanolin tuotannon kasvu lisää ennusteiden mukaan viljan kulutusta vuoden 2007 tasosta eli 5,2 miljardista kilosta vuoden 2015 mennessä 9,4 miljardiin kiloon (+81 %). (Fapri 2007).



Kuvio 6. EU-25 rapsiöljyn käyttö eri tarkoituksiin satovuosina 2001–2006. (Lähde: Euroopan komissio 2006).

2.6. Kotimaisen bioenergiasektorin kehitys

Suomessa energiaomavaraisuus, toimitusvarmuus ja EU:n liikennepoltto-ainetavoitteet ovat bioenergian kysyntää lisääviä tekijöitä, mutta merkittävimpiä taloudellisia kannustimia ovat raakaöljyn voimakas hinnannousu (kuvio 7) sekä EU:n päästökauppajärjestelmä. Öljyn hinnannousu on parantanut uusiutuvien energialähteiden tuotannon suhteellista kannattavuutta erityisesti sähkön ja lämmön tuotannossa sekä liikennepolttoaineissa. EU:n päästökauppajärjestelmä ohjaa isoja yli 20 MW:n voimalaitoksia korvaamaan puulla ja ruokohelvellä turvetta ja hiiltä. Siten voimalaitokset säästävät päästöoikeuksien hankkimiskustannuksissa (Ollikainen 2006).

Biomassaa voidaan hyödyntää lämmön, sähkön ja liikennepolttonesteiden tuotannossa ja sitä voidaan jalostaa useiden eri prosessien avulla. Suomessa valtioneuvoston energia- ja ilmastostrategiassa linjataan metsätähteestä tehdyn hakkeen, peltobiomassojen, kierrätyspolttoaineiden ja biokaasun käyttöä energian tuotantoon (KTM 2005). Viime aikoina bioenergiasektorissa julkisen keskustelun painopiste on siirtynyt myös Suomessa nestemäisten biopolttoaineiden tuotantoon EU:n biopolttoainedirektiivin sitovan tavoitteen myötä.



Lähde: ETLAn tietokanta

Kuvio 7. Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys vuosina 2000–2007 (Lähde: ETLA).

Suomessa bioenergia on kattanut jo pitkään noin viidenneksen energian kokonaiskäytöstä (Energiakatsaus 2006). Bioenergian merkitys on suurin lämmön tuotannossa, mutta myös sähköä tuotetaan bioenergiasta. EU:n uusien uusiutuvan energian tavoitteisiin liittyvissä keskusteluissa on nostettu esille mahdollisuus, että Suomessa bioenergian osuus kokonaisenergian käytöstä tulisi nostaa jopa korkeammalle kuin kolmasosa (jopa 40 %).

Vuoden 2007 hallitusohjelman bioenergialinjaukset kotimaiselle bioenergiasektorille

Uusi hallitusohjelma (2007) linjaa muutamia kotimaisen bioenergiasektorin kehityssuuntia. Kotimaisen biodieseltuotannon osalta valmistevero aiotaan poistaa omalla tilalla tuotetulta ja käytetyltä biodieseililtä. Kuitenkin, jos biodieselin valmistevero toteutetaan kirjaimellisesti hallitusohjelman mukaisesti, valmisteverovapaus ei tule juuri lisäämään biodieseltuotantoa, sillä oma tuotanto ja -käyttö rajaavat toiminnan varsin pienimuotoiseksi.

Pääosa maatilalla käytettävistä polttonesteistä kuluu lämmityskäytössä, joka on jo biodieselin osalta valmisteverovapaata. Konepolttoaineilla valmistevero on 7 senttiä litralta. Ainoastaan siinä tapauksessa, että biodieseliä voi myydä valmisteverovapaasti tilan ulkopuolelle liikennekäyttöön, valmisteverovapaus (35 senttiä litralta) voisi lisätä biodieselin tuotantoa maataloilla merkittävästi.

Biokaasun tuotantoedellytysten parantaminen

Vaikka biodieselin osalta hallitusohjelman linjauksilla on vain vähäinen vaikutus tuotantoon, sen sijaan biokaasussa linjaukset vaikuttanevat voimakkaammin. Hallitusohjelmassa mainitaan syöttötariffin toteuttaminen biokaasulaitosten (peltobiomassa, teurasjätteet, erilaiset karjalannat, yhdyskuntajätteet) osalta. Järjestelmän piiriin kuuluvat alle 20 MW:n laitokset. Järjestelmä sisältää sähkön markkinahinnan ja bioenergian hinnan erotuksen kompensaaation.

Sähkön syöttötariffi, eli takuuhinta on tapa, jolla haluttu sähköntuotantotapa on poliittisella päätöksellä saatettu useissa Euroopan maassa kannattavaksi. Erityisesti Saksassa, Tanskassa ja Espanjassa korkea tariffitaso ja pitkän tähtäimen politiikka ovat luoneet, niin uusiutuvan energian tuotannon kuin siihen liittyvän teknologian osalta, merkittävän jalansijan biokaasulla

markkinoilla. Sähkön tuottajan näkökulmasta syöttötariffin hyvänä puolena on järjestelmän selkeys, ennustettavuus ja tuki suoraan tuotannolle, mikä kannustaa tuottamaan mahdollisimman paljon. Hallinnollisesti järjestelmä on edullinen ja helppo toteuttaa. Ongelmana voi pitää sitä, että kiinteä takuu-hinta ei riittävästi kannusta tekniseen kehitykseen. (Economic Analysis...2004; EC 2005.)

Ohjauksellisesta näkökulmasta kustannustehokkaan tariffitason määrittäminen on hankalaa. Tuotantokustannukset vaihtelevat tuotantomuodosta riippuen ja myös laitosten välillä on vaihtelua. Tämä on ilmeistä etenkin biokaasutuotannon osalta, jossa sähkön tuotantokustannus vaihtelee 0 – 30 snt /kWh, riippuen siitä, paljonko laitos saa jätteiden käsittelystä porttimaksutuloja¹¹.

Peltoenergia lämmöntuotannossa

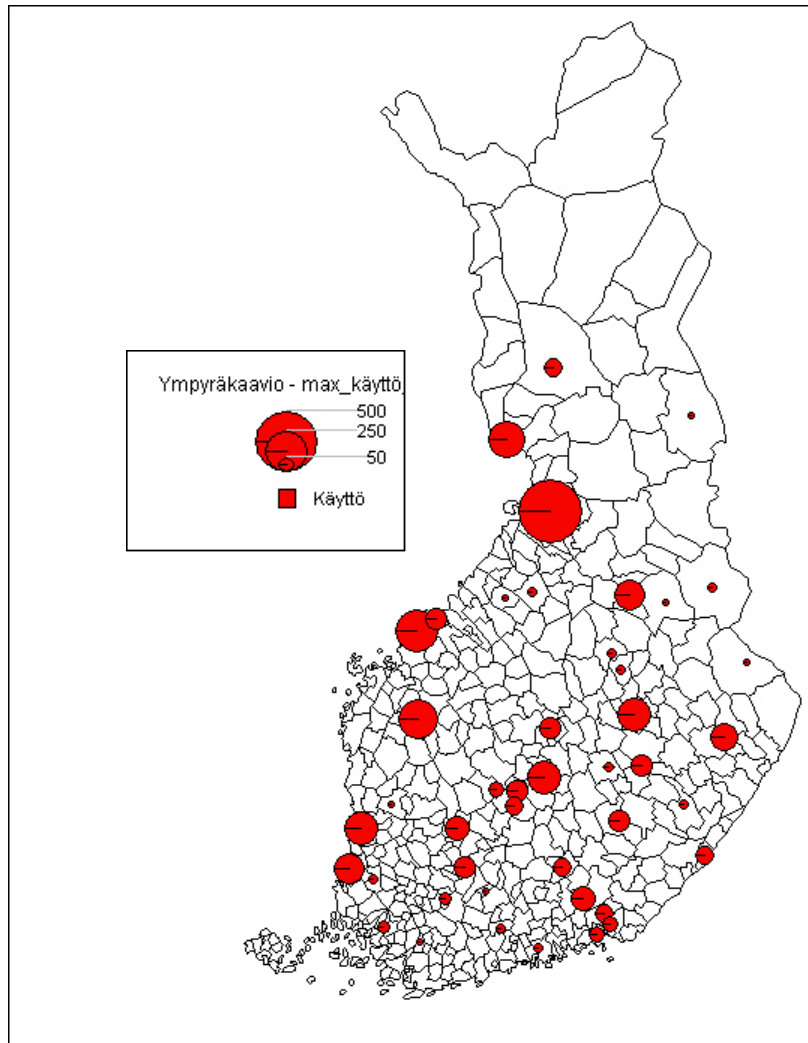
Peltobioenergiaa on toistaiseksi hyödynnetty pääasiassa sähkön ja lämmön tuotannossa Suomessa. Päästöoikeuksien ohjaamana erityisesti isot voimalaitokset ovat kiinnostuneita lisäämään peltobiomassan käyttöä. Peltobiomassoista ruokohelpeä pidetään yhtenä lupaavimmista peltoenergiakasveista Suomessa. Ruokohelven viljely ala oli vuonna 2007 noin 19 500, joten viljelyalan kasvu hidastui edellisvuosista (Tike 2007). MMM:n peltobiomassa – jaosto on asettanut tavoitteeksi vuoden 2015 ruokohelven viljelypinta-alaksi 100 000 ha (MMM 2007).

Suurimpia ruokohelven käyttäjiä ovat tällä hetkellä Pohjolan Voima Oy ja Vapo Oy. Suomalaisilla voimalaitoksilla olisi kapasiteettia käyttää ruokohelpeä 4,5 tonnin (kuiva-ainetta) hehtaarisadolla lähes 200 000 hehtaarin alalta vuosittain (Flyktman ja Paappanen 2005). Ruokohelpeä potentiaalisesti hyödyntävät voimalaitokset ovat melko tasaisesti jakautuneet koko Suomen alueelle aivan pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta (kuvio 9).

Ruokohelpeä kannattaa kuljettaa voimalaitokselle, mikäli kuljetusmatka on alle 70 kilometriä (Flyktman ja Paappanen 2005). Kaikkiaan ruokohelvellä näyttäisikin olevan valtakunnallisesti huomattavan laaja alueellinen merkitys. Potentiaalisesti ruokohelven viljely tuo uusia pellonkäyttömahdollisuuksia.

¹¹ Porttimaksulla tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi biokaasulaitoksissa käsitellään maksua vastaan esimerkiksi teollisuuden jätettä. Muutoin tämä jäte päätyisi kaatopaikalle korkeita jätemaksuja vastaan. Porttimaksu on siten tuloa biomassan jalostajalle.

sia alueille, joissa luopuvat kotieläintilat siirtyvät viljan viljelyyn. Käytännössä asia riippuu ruokohelven tuotannon kannattavuudesta maatalon näkökulmasta.



Kuvio 8. Ruokohelven tekninen käyttöpotentiaali (GWh/vuosi) voimala-
tospaikkakunnittain. (Lähde: Flyktman & Paappanen 2005).

Kotimainen peltoenergia nestemäisten biopolttoaineiden tuotannossa

Valtioneuvosto päätti lokakuussa 2006 lakiesityksestä biopolttoaineiden edistämistä liikenteessä. Esityksellä pannaan täytäntöön EY:n biopolttoainedirektiivi. Esityksessä ehdotetaan säädettäväksi liikennepolttoaineiden jakelijoille velvoite toimittaa vuosittain kulutukseen vähimmäisosuus biopolttoaineita. Vähimmäisosuus kasvaisi vuosittain siten, että se olisi vuonna 2008 vähintään 2 % liikennepolttoaineiden jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaisuudesta. Vuonna 2009 osuus olisi vähintään 4 % ja vuonna 2010 ja sen jälkeen vuosittain EU:n vaatimat 5,75 %.

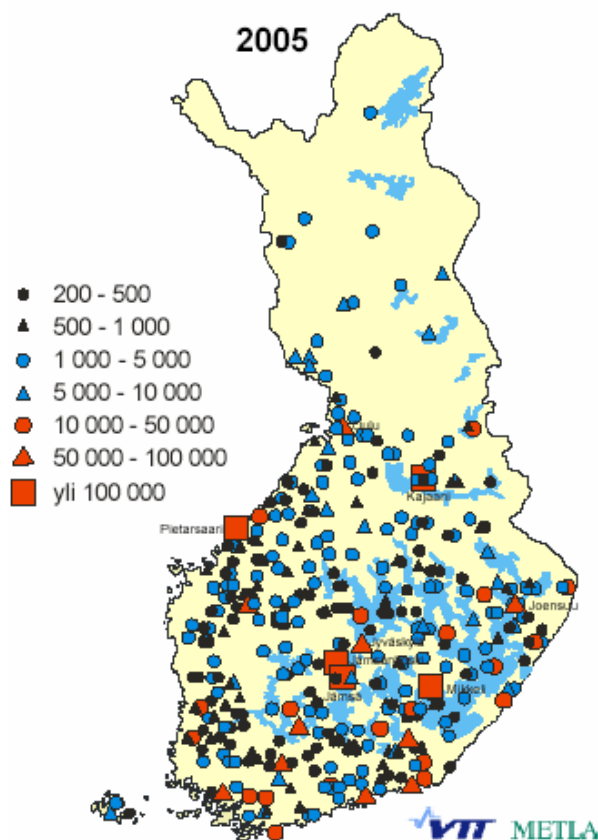
Biopolttoaineiden nykyisellä teknologialla valmistettavat olomuodot ovat joko nestemäisiä, kuten etanolipolttoaine ja biodiesel tai kaasumaisia, kuten biokaasu. Suomessa biodieselin tuotannon aloittaa NesteOilin Porvoon biodiesel-laitos, jonka toiminta käynnistyy vuonna 2008. NesteOilin biodieselin valmistuksessa käytetään pääraaka-aineena ulkomaista palmuöljyä sekä vähäisessä määrin elintarviketeollisuuden jäterasvoja ja kotimaista rypsiöljyä. Näillä näkymin tehtaalla toiminnalla ei liene vaikutusta kotimaiseen öljykasvien viljelyyn. Keskustelu öljypalmun viljelyn ympäristövaikutuksista saattaa vaikuttaa tulevaisuudessa raaka-aineen valintaan ja sen kotimaisuusasteeseen.

Suomessa on ollut useita suunnitelmia etanolitehtaista, mutta etanolituotannon kannattavuuden epävarmuudesta kertoo se, että esimerkiksi huhtikuussa 2007 Altia ilmoitti etanolitehdashankkeen keskeyttämisestä yllättäen. Muutamia muitakin tehdashankkeita on vireillä, kuten esimerkiksi St1-yritys aloittanee etanolintuotannon pienimuotoisissa tehtaissa leipomoteollisuuden jätteistä useilla paikkakunnilla vuoden 2008 aikana. Ensimmäinen Lappeenrantaa perustettava tehdas aloitti toimintansa jo vuoden 2007 kesällä. Tuotannon kannattavuus perustuu jätteenkäsittelystä perittyihin ns. porttimaksuihin. Jatkossa St1:sen tavoitteena on perustaa 5-10 laitosta eri puolille Suomea. Suunnitelmien mukaan St1:sen tuotantomäärä tulee vastaamaan noin kahden prosentin osuutta koko Suomessa kulutetusta bensiinimäärästä. Tavoitteena on valmistaa vuoteen 2011 mennessä noin 70 miljoonaa litraa etanolia vuodessa. (St1 2006, St1 2007).

Puubiomassan käyttö lisääntymässä: esimerkkinä metsähakkeen käyttö

Suomalaisen metsäpolitiikan keskeisenä tavoitteena on ollut puun käytön lisääminen. Kansallinen metsäohjelma 2000 (KMO 2010) asetti metsähakkeen vuotuseksi käyttötavoitteeksi energiantuotannossa viisi miljoonaa kuutiometriä vuoteen 2010 mennessä. 2000-luvun alussa käyttö on kasvanut vajaan puolen miljoonan kuutiometrin vuosivauhdilla. Mikäli kasvuvauhti jatkuu samansuuruisena, KMO:n tavoite saavutetaan. Tavoitetta suurempikin käyttö olisi mahdollista, sillä metsähakkeen vuotuinen käyttö (noin 3,5 miljoonaa m³ 2000-luvun puolivälissä) on selvästi pienempi kuin korjuukelpoinen reservi. Vuotuinen korjuukelpoinen energiapuureservi Suomessa on 10-15 miljoonaa kuutiometriä (Maidell ym. 2007). Korjattavissa olevaan energiapuumäärään vaikuttaa merkittävästi metsäteollisuuden käyttämän ainespuun minimiläpimitta (Hakkila ja Fredriksson 1996).

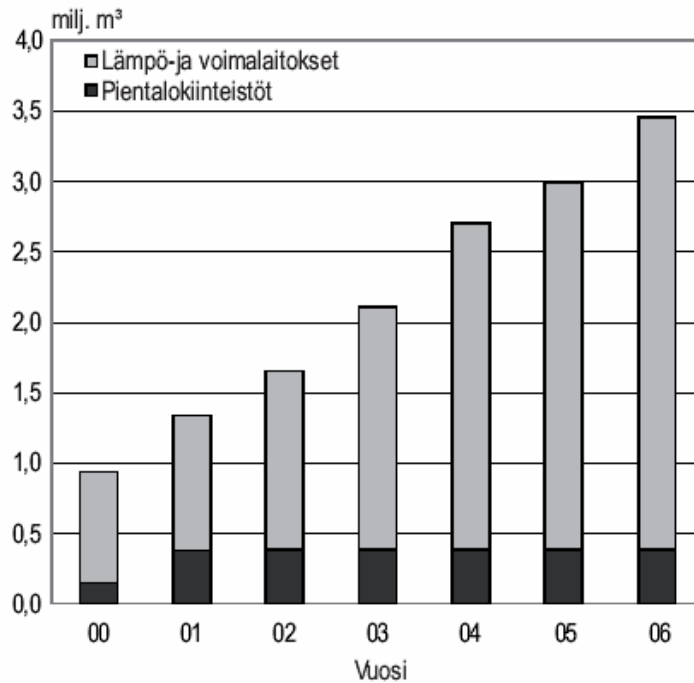
Lämpö- ja voimalaitoksissa käytettiin hieman alle 15 miljoonaa kiinto-kuutiota puupolttoaineita, mikä on noin 8 % edellisvuotta enemmän. Puuta polttavat laitokset tuottivat energiaa 28 terawattituntia. Puun kuorta käytettiin 8,4 miljoonaa kuutiota, puupuruja, -lastuja ja -pölyjä 1,7 milj. kuutiota, kierrätyspuuta 0,7 milj. kuutiota ja puupellettejä- ja brikettejä noin 32 000 tonnia (Metla 2007). Pientalokiinteistöissä käytetään lisäksi polttopuuta arviolta 5,2 miljoonaa kuutiota vuosittain (Sevola ym. 2003). Metsähakkeen käytöllä voimalaitoksissa on alueellisesti suuri merkitys (kuvio 9).



Kuvio 9. Metsähakkeen käytön jakautuminen (m^3) eri laitostokoluokkiin Suomessa vuonna 2005 (Lähde: Energiatilasto 2006).

Metsähakkeen kokonaiskäyttö vuonna 2005 oli noin kolme miljoonaa kuutiometriä (Metla 2006). Vuonna 2006 metsähakkeen käyttö lisääntyi 17 prosenttia 3,4 milj. kuution. Lämpö- ja voimalaitokset käyttivät 17 prosenttia enemmän haketta eli 3,1 milj. kuutiometriä vuonna 2006. Pientalokiinteistöissä hakkeen käyttö pysyi lähes ennallaan vajaassa 0,4 milj. kuutiossa (kuvio 10) (Metla 2007).

Lähes 60 % lämpö- ja voimalaitosten käyttämästä metsähakkeesta tehdään avohakkuualueilta kerättävistä oksista ja latvuksista. Ensiharvennuksilta saatavan pienpuun, kantojen ja juurakoiden osuus on kuitenkin kasvanut. Metsähakkeen hinta oli 9,40 euroa irtokuutiometriltä ilman arvonlisäveroa ja



Kuvio 10. Metsähakkeen kokonaiskäyttö vuosina 2000-2006. (Lähde: Metla 2007).

käyttöpaikalle tuotuna. Teollisuuden puutähdehakkeen hinta oli 7,50 euroa, purujen 6,10 euroa ja kuoren 5,50 euroa kuutiolta (Metla 2007).

Puupolttoaineiden hintatilastot ovat toistaiseksi vielä suuntaa-antavia, eivätkä ne ole vielä valtakunnallisesti edustavia. Suhosen (2005) tutkimuksessa selvitettiin kunnallisten lämpölaitosten maksamia hintoja lämmöstä. Tutkimuksen hintatiedot perustuvat 20 kunnan vastauksiin. Kunnan maksama keskimääräinen lämmön hinta tutkimuksessa oli keskimäärin 28,89 euroa megawattitunnilta (sis. alv).

Metsänomistajat ovat tutkimusten mukaan kiinnostuneita tuottamaan ja myymään energiapuuta metsistä enemmän kuin vuosien 2000-2005 myyntimäärät, mutta tavoitteena olevan 4-5 miljoonan kuutiometriin (Kansallinen metsäohjelma 2010) tai sen yli on tutkimusten valossa vaikea nousta ilman, että energiapuulle muodostuu selkeä hinta (Rämö ym. 2001, Järvinen et al. 2006).

3. BIOENERGIANTUOTANNON KIINNOSTAVUUS JA KANNATTAVUUS MAATILAN NÄKÖKUL- MASTA

3.1. Kiinnostus pelto- ja metsäenergiantuotantoon maati- loilla

Maatilojen peltoenergiakasvien tuotanto

Energiakasvien viljely kiinnostaa ainakin periaatteessa suomalaisia pellon-omistajia, mutta asiasta on myös tuntuvaa epätietoisuutta¹² (Latvala ym. 2007). Pellonomistajista yksi kymmenestä aikoo varmasti tai melko varmasti viljellä energiakasveja pellollaan. Lähes puolet pellonomistajista on vielä epävarmoja energiakasvien viljelyn suhteen. Energiakasvien viljely kiinnos-
taa eniten maa- ja metsätalousyrittäjiä, alle 40-vuotiaita ja miespuolisia pellon omistajia, ja kiinnostus on sitä suurempaa mitä suurempi tila on. Lä-
hes 40 prosenttia vastaajista oli valmis vuokraamaan peltona energiakasvien viljelyyn.

Pellon omistajat ovat enemmän kiinnostuneita ruohovartisten energia-
kasvien kuin puuvartisten energiakasvien viljelystä. Eri energiakasveista selvästi eniten pellonomistajia kiinnostaa energiaheinän eli tällä hetkellä pääasiassa ruokohelven viljely. Energiakasveista toiseksi mieluiten pellon-
omistajat viljelevät öljykasveja (Latvala ym. 2007). Öljykasvit ovat ruoko-
helpeen verrattuna kuitenkin vaativampia sekä maalajin että viljelytekniikan suhteen. Öljykasveilla on kuitenkin etunsa, sillä ne sopivat viljojen viljely-
kiertoon tuottaen sadonlisää seuraavana vuonna viljeltävälle viljelle. Esimer-
kiksi viljelykokeissa ohrasta ja vehnästä on saatu 100-250 kilon sadonlisäyk-
siä ensimmäisenä vuonna rypsin viljelyn jälkeen (Öljykasviviljelijän opas 2006).

Toisaalta peltoenergian tuotanto kilpailee elintarvike- ja rehuteollisuuden kanssa peltoalasta, ja loppuvuodesta 2006 kansainvälisillä viljamarkkinoilla

¹² PTT:n kyselyn (2007) otos koostui metsänomistajista, joista osalla oli hallussaan myös peltoa. Näistä vastaajista käytetään termiä pellonomistaja. Aineisto ei ole edus-
tava otos Suomen aktiivimaatiloista, joten tämän aineiston perusteella on vielä vaikea
vetää johtopäätöksiä lopullisesta peltoenergian tarjonnasta. Metsäenergian tarjonnan
suhteen otos on kuitenkin hyvin edustava.

tapahtunut useiden viljalajien samanaikainen hinnannousu saattaa vähentää energiakasvien viljelyn kiinnostavuutta.

Energiapuun tarjonta maataloilta ja muilta yksityisiltä metsätiloilta

PTT:n tutkimuksen mukaan (Järvinen ym. 2006) metsänomistajat ovat valmiita tarjoamaan energiapuuta markkinoille, mikäli tietyt ehdot toteutuvat. Siten energiapuun korjuumäärää yksityismetsistä voitaisiinkin kasvattaa huomattavasti nykyisestä noin kolmesta miljoonasta kuutiometrillä. Keskeisin syy energiapuun tarjontaan liittyy jäljellejäävän puuston kasvun turvaamisen, eli puuston kasvu nopeutuu ja puusto kehittyy nopeammin tukkipuiksi harvennusten jälkeen. Energiapuun tarjonnan lisääminen nykyisestä edellyttää kuitenkin markkinoiden kehittämistä (Järvinen ym. 2006). Esimerkiksi hinnoittelu oli metsänomistajien mielestä vielä vuonna 2006 sekavaa ja energiapuusta maksettu hinta alhainen. Metsänomistajat pitävät tilavuusperusteista energiapuun hinnoittelua (€/m³) parhaana hinnoittelutapana. Keskimäärin energiapuukuutiometriltä (kiinto-m³) halutaan noin 10 euroa. Energiapuumäärien arviointi ja ostajien löytäminen on metsänomistajien mielestä hankalaa. Energiapuumarkkinoiden toimintaa voitaisiin tehostaa lisäämällä metsänomistajille, etenkin kaupungeissa asuville, energiapuuasioihin liittyvää neuvontaa ja neuvojen koulutusta, sekä tiedottamista esimerkiksi hinnoista, ostajista ja markkinoista (Järvinen ym. 2006).

Maatilojen pelto- ja metsäenergian tarjontahalukkuuteen vaikuttavat tekijät

PTT:n metsänomistajankyselyn perusteella maataloilla on kiinnostusta sekä pellolta että metsästä saatavaan bioenergian raaka-aineiden tuotantoon. Toisaalta vuonna 2006 tehdyissä kyselyissä ilmeni, että epävarmojen vastaajien osuus on suuri niin pelto- kuin metsäenergian tarjonnan suhteen. Pelto- ja metsäbiomassan tuotannon lisäämiseksi tarvitaan selkeästi lisää markkinoita ja tuotantoa koskevaa informaatiota.

Peltoenergian tuotannon kiinnostavuuteen vaikuttaa energiakasvien viljelylle vaihtoehtoisten viljakasvien hintojen kehitys. Useiden vuosien viljan hintojen laskun jälkeen viljojen hinnat nousivat loppuvuodesta 2006, ja hintojen nousu vaikuttaa peltoenergiakasvien viljelyn kiinnostavuuteen ja suhteelliseen kannattavuuteen jatkossa.

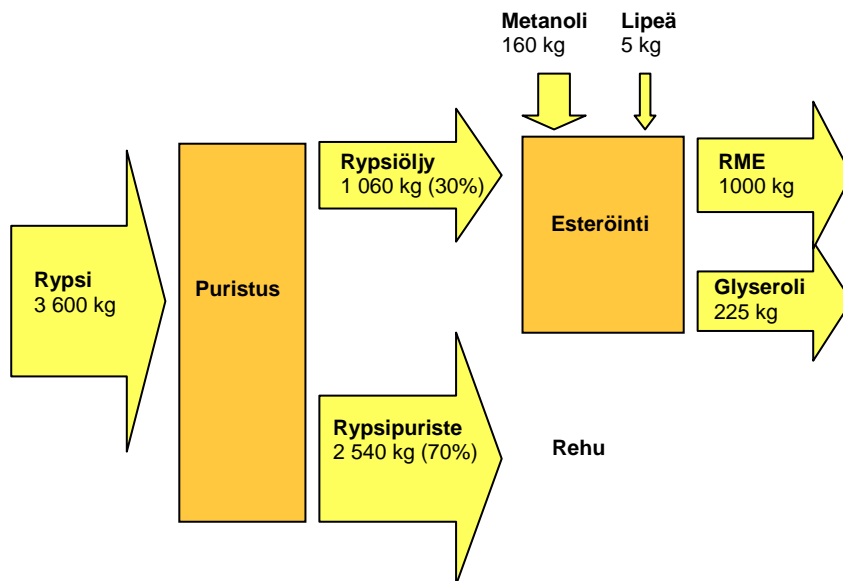
Tutkimuksen valossa ei näytä todennäköiseltä, että bioenergian markkinoiden laajentuminen ohjaisi maankäyttöä niin, että tapahtuisi suuria siirtymiä pellon ja metsän välillä. Maanviljelijät eivät olleet lainkaan kiinnostuneita metsittämään peltojaan energiapuulle, vaan ainoastaan sellaiset energiakasvit olivat suosittuja, joiden viljelyä voisi melko joustavasti vaihtaa perinteisiin maatalouskasveihin. Siten voidaan olettaa, että jatkosakin tuotantopotentiaaleja arvioitaessa pellon ja metsän määrät pysyvät suunnilleen 2000-luvun puolenvälin suuruisina.

3.2. Tuotantokustannukset

3.2.1. Rypsi biodieselin tuotantokustannukset maatilakokoluokassa

Biodiesel on uusiutuvista raaka-aineista jalostettu dieseliä vastaava polttoaine. Yleisesti ottaen nimityksellä biodiesel voidaan tarkoittaa kaikkia biopolttoaineita, joiden setaaniluku¹³ vastaa fossiilista dieseliä. Kyse voi siis olla hyvin erilaisilla prosesseilla erilaisista raaka-aineista valmistetuista tuotteista. Yleisin ja yksinkertaisin tapa valmistaa biodieseliä on vaihtoesteröinti. Siinä kasvi- tai eläinrasvojen rasvahappoja esteröidään alkoholin (yleensä metanoli) kanssa, jolloin lopputuotteena syntyy glyserolia ja öljyn esterä, eli biodieseliä. Rypsiöljystä esteröimällä valmistettu biodiesel on rypsimetyyliesteriä (RME) ja esteröinti on toistaiseksi ainut biodieselin maatalo- ja pientuotantoon soveltuva tekniikka. Kuviossa 11 on rypsi biodieselin tuotantokaavio maatilakokoluokan laitteistolla.

¹³ Setaaniluku kuvaa polttoaineen syttymisherkkyyttä. Fossiilisen dieselin setaaniluku on 40-55 ja RME:n noin 50. Alhainen setaaniluku tarkoittaa sitä, että polttoaine syttyy palotilassa hitaasti, jolloin syntyy enemmän päästöjä, melua ja moottoria rasittavia iskuja.



Kuvio 11. Rypsibiodieselin tuotantokaavio maatilatason laitteistolla.

Taulukossa 5 on esitetty kolme rypsibiodieselin tuotantokustannusmallia. Rypsin hintana on niissä käytetty 250 euroa/tonni ja rypsipuristeen 200 euroa/tonni. Rypsiöljyn hinta muodostaa pääsääntöisesti vähintään 60 prosenttia ja metanolin 10 prosenttia tuotantokustannuksista. Mitä suuremmasta laitoksesta on kyse, sitä suurempi osuus rypsiöljyllä on tuotantokustannuksista.

Tuotantomalleista A – C voi havaita, että rypsibiodieselin valmistus ei ole käytetyillä raaka-ainehinnoilla kannattavaa. Jos oletetaan, että rypsipuristeen hinta pysyy tasolla 200 euroa/tonni, fossiiliseen polttoaineeseen verrattuna, malli A olisi kannattava rypsin hinnalla 175 euroa/tonni. Mallin C kannattavuusrajana on 235 euroa/rypsitonni.

Vielä vuoden 2006 alussa (Vihma ym. 2006) rypsibiodieselin valmistus vaikutti jossain määrin taloudellisesti mahdolliselta liiketoiminnalta maatalamittakaavassa. Tuotantokustannusten nousun myötä, rypsibiodieselin tuotanto on nykyhinnoilla tappiollista toimintaa, ilman merkittäviä verohelpoituksia. Taulukossa 5 on myös verokohtelun vaikutus tuotantokustannuksiin riippuen siitä, käytetäänkö biodiesel lämmitysöljynä, konepolttoaineena vai liikennepolttoaineena.

Rypsin hinnan ohella rypsipuristeen hinta vaikuttaa merkittävästi rypsi-biodieselin tuotantokustannukseen. Rypsipuriste on öljynpuristuksen taloudellinen päätuote ja biodiesel itse asiassa sivutuote. Puriste muodostaa 55-65 prosenttia lopputuotteiden arvosta ja mitä paremman hinnan puristeesta saa, sitä halvempaa voi sivutuotteena syntyvä öljy siten periaatteessa olla. Alueellisesti rypsipuristeen hinta vaihtelee Suomessa 200 – 270 euroa/tonni. Vastaavan tuotteen, rypsipuristeen, maailmanmarkkinahinta vaihtelee 150 - 200 eurossa tonnilta. Oletettavaa on, että kotimaan hinnat ja maailmanmarkkinahinta tasaantuvat rypsin puristuksen yleistyessä lähivuosina.

Taulukko 5. Rypsi biodieselin tuotantokustannukset (Lähde: Esa Aro-Heinilä, MTT Taloustutkimus).

MALLIT		A	B	C
Rypsin viljelyala	ha/a	200	500	2000
Rypsi	t/a	300	750	3000
Puristuksen öljysaanto	%	28	30	30
Rypsiöljy	t/a	84	225	900
RME	t/a	80	210	850
ESTERÖINTI				
Kiinteät kustannukset				
Laitteet	snt/l RME	3,9	3,7	2,3
Säiliöt	snt/l RME	1,6	0,7	0,3
Rakennus	snt/l RME	1,4	0,7	0,3
Korko	snt/l RME	1,8	1,2	0,7
Kirjanpito	snt/l RME	0,5	0,4	0,1
Vakuutus	snt/l RME	0,6	0,4	0,2
Muuttuvat kustannukset				
Rypsiöljy	snt/l RME	47,6	43,9	42,9
Metanoli	snt/l RME	8,3	6,2	5,2
Katalyytti	snt/l RME	0,3	0,2	0,2
Sähkö	snt/l RME	0,3	0,3	0,3
Lämpö	snt/l RME	0,2	0,2	0,2
Näytteet	snt/l RME	0,3	0,3	0,3
Työ	snt/l RME	7,0	4,5	3,0
TUOTANTOKUSTANNUS	snt/l RME	74	63	56
Lämmitysöljy				
Valmistevero	snt/l RME	0	0	0
Arvonlisävero, 22%	snt/l RME	16	14	12
Yhteensä	snt/l RME	90	77	68
Konepolttoaine				
Valmistevero	snt/l RME	7	7	7
Arvonlisävero, 22%	snt/l RME	18	15	14
Yhteensä	snt/l RME	99	85	77
Liikennepolttoaine				
Valmistevero	snt/l RME	35	35	35
Arvonlisävero, 22%	snt/l RME	24	21	20
Yhteensä	snt/l RME	133	119	111

3.2.2. Biokaasun tuotantokustannukset maatilakokoluokassa

Biokaasua muodostuu erilaisten mikrobien yhteistoiminnan tuloksena niiden hajottaessa eloperäistä ainesta hapettomissa olosuhteissa. Biokaasulaitoksessa lannasta tai muista eloperäisistä materiaaleista tuotettu kaasu on 50 – 65 prosenttisesti metaania (CH₄), puhtaasti palavaa kaasua. Puhdistettua biokaasua kutsutaan biometaaniksi ja se vastaa fossiilista maakaasua. Biokaasua voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon tai biometaaniksi puhdistettuna kone- ja liikennepolttoaineena

Suomessa on kuutisenkymmentä biokaasulaitosta, joista kymmenkunta toimii mautiloilla. Toistaiseksi tuotannon kehittymistä on hidastanut suurehko investointitarve (tyypillisesti 250 – 500 tuhatta euroa) ja laitosten heikko kannattavuus. Tilan oman sähkön ja lämmön korvaaminen biokaasulla ei ole kyennyt tuomaan kuin vain pienen osan biokaasulaitoksen vaatimista tuloista. Kannattava toiminta on ollut mahdollista ainoastaan tilan ulkopuolelta tulevien yhdyskuntabiojätteiden ja teollisuuden eloperäisten sivuvirtojen käsittelystä saatavilla porttimaksutuloin. Tilanne on kuitenkin muuttumassa Hallitusohjelmassa 2007 esitetyn biokaasusähkön syöttötariffin (takuuhinan) myötä (ks. luku 2.6).

Biokaasulaitosten rakentamiskulut ovat hyvin yksilöllisiä. Merkittävin laitoksen rakentamiskuluihin vaikuttava tekijä on mittakaava. Tämän ohella tilalla oleva infrastruktuuri, laitoksen sijainti, rakentamisessa käytettävät materiaalit ja laitoksen tekniikka sekä automaatioaste vaikuttavat investointikustannuksiin. Olennaista on myös, tuotetaanko laitoksella sähköä ja lämpöä, biometaania vai pelkkää biokaasua ja käsitelläänkö laitoksella tilan ulkopuolisia, mahdollisesti hygienisointia vaativia biomateriaaleja.

Saksassa investointikustannus on laitoksen koosta ja toteutustavasta riippuen ollut noin 200 - 1200 euroa reaktoritilavuutta (m³) kohden. Suomessa laitosesimerkkejä on erittäin vähän. Viimevuosina rakennetuissa investointikustannukset reaktoritilavuutta kohden ovat olleet yli 1000 euroa. Toinen investointia kuvaava suure on investointikustannus laitoksen sähkötehoa kohden. Tämä on Saksassa tyypillisesti 2 500 – 3 000 €/kWe. (Biogasegewinnung ... 2006) Suomessa kustannustaso on ollut yli 4 000 €/kWe.

Suomalaisten laitosten korkeita investointikustannuksia löytyy muutama selitys. Reaktoritilavuuden osalta tämä johtuu siitä, että kotimaiset laitokset ovat eurooppalaiseen mittakaavaan nähden hyvin pieniä ja, että laitoksia on rakennettu vasta muutamia. Sarjatuoannossa kustannukset laskevat. Kor-

keat kustannukset laitoksen sähkötehoa kohden taas johtuvat oikeanlaisten kannustimien puutteesta. Laitosten kannattavuus on perustunut jätteenkäsittelystä saataviin porttimaksutuloihin. Korkeaan kaasuntuottoon ja sitä kautta sähköntuotantoon ei ole ollut kannattavaa panostaa.

Taulukkoon 6 on koottu kuusi mallilaitosta (A-F), jotka havainnollistavat mitä biokaasureaktorin syöttömateriaalit vaikuttavat laitoksen kannattavuuteen. Kaikkien laitosmallien biokaasureaktoritilavuus on sama (370 m³ netto). Tämä vastaa 200 lypsylehmän (malli A) ympärivuotisen lietelantatuotannon vaatimaa reaktoritilavuutta. Malleissa B - D biokaasureaktoriin lisätään syötettävään lantamäärään nähden 20 % säilörehua (malli B), 20 % biojätettä (malli C) ja 20 % kumpaakin edellä mainittua (malli D). Mallissa E on syötteenä pelkkä säilörehu ja mallissa F pelkkä biojäte.

Säilörehu ja biojätteet vaativat lantaa pidemmän ajan hajotakseen, joten malleissa B - F mädätettävän lietteen viipymäaika pitenee ja vastaavasti reaktoriin syötettävien materiaalien määrä on vähenee. Mallien A - D biokaasulaitokset ovat tyypiltään lieteprosesseja ja mallien E - F kiinteäprosesseja. Lieteprosessissa biomassaa siirretään ja sekoitetaan pumppaamalla, kiinteäprosesseissa siirtoruuveilla, hydraulisesti tai kuormaajalla.

Malleissa ei ole otettu huomioon mädätysjäännöksen arvoa tai sen levityskustannusta. Ravinteiden kokonaismäärä ei mädätettäessä muutu, joskin tyyppi jossain määrin liukoistuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon, ammoniumtypeksi. Ainoastaan, jos prosessissa käytetään tilan ulkopuolisia biomassoja, maatilalla tarvitaan ostoravinteita aiempaa vähemmän.

Investoinnin takaisinmaksuaikana on malleissa käytetty kymmentä vuotta. Teknisesti laitteet ja rakenteet saattavat kestää kymmeniä vuosia. Taloudellinen takaisinmaksuaika on kuitenkin huomattavasti lyhyempi.

Ainoastaan mallit C ja F ovat taloudellisesti kannattavia. Tämä johtuu biojätteen käsittelystä saatavista porttimaksutuloista (laskelmassa 40 €/m³). Kannattavan toiminnan vaatima sähkön syöttötariffi, eli sähkön takkuuhinta, vaihtelee laitosten syöttömateriaaleista riippuen voimakkaasti (0 – 27 snt/kwh).

Taulukko 6. Biokaasun tuotantokustannukset eri syötemateriaaleilla (Lähde: Esa Aro-Heinilä, MTT Taloustutkimus).

MALLI		A	B	C	D	E	F
Maatila							
Lehmiä	kpl	200	150	140	80		
Syötteet biokaasureaktoriin							
Lehmänlanta	ka 9%	m ³ /a	6 000	4 500	4 300	2 500	
Säilörehu	ka 25%	m ³ /a		900		500	3600
Biojäte	ka 30%	m ³ /a			860	500	3000
Yhteensä		m ³ /a	6 000	5 400	5 160	3 500	3 000
Reaktorilavuus (netto)		m ³	370	370	370	370	370
Viipymä		vrk	23	25	26	28	38
Lieteen kuiva-ainepitoisuus		%	9	12	13	14	25
Energian tuotanto							
Biokaasu		Nm ³	101 000	187 000	212 000	185 000	445 000
Primäärienergia		MWh/a	560	1 050	1 300	1 100	2 400
Hyötysuhde, sähkö		%	28	28	28	28	30
Sähkäteho		kWe	18	34	42	35	82
Laitoksen sähkötarve		MWh/a	11	21	27	23	53
Sähkön tuotanto (netto)		MWh/a	132	247	306	259	605
Hyötysuhde, lämpö		%	55	55	55	55	55
Lämpöteho		kW	35	66	82	69	151
Reaktorin lämmöntarve		MWh/a	250	266	265	264	278
Lämmön tuotanto (netto)		MWh/a	32	261	388	288	927
Lämmön käytettävyys		%	30	30	30	30	0
Investointi							
Laitoksen rakentamiskustannus		€	300 000	330 000	330 000	330 000	340 000
Investointituki		20 %	60 000	66 000	66 000	66 000	68 000
Investointi		€	240 000	264 000	264 000	264 000	272 000
Korko		5 %	7 081	7 789	7 789	7 789	8 025
Poisto		10 vuotta	24 000	26 400	26 400	26 400	27 200

3.2.3. Ruokohelven viljelyn talous

Maatilalla ruokohelven viljelyn kannattavuus perustuu pienempiin vuosittaisiin kasvuston hoitokustannuksiin, sillä kerran perustetusta ruokohelpikasvustosta saadaan satoa 10-15 vuotta. Siten työaika säästyy etenkin kylvö- ja maanmuokkausvaiheissa verrattuna esimerkiksi rehuviljoihin.

Viljelijän näkökulmasta ruokohelven viljelypinta-alan kasvua saattavat rajoittaa tuotantotekniset ja logistiikkaan liittyvät ongelmat. Tällaisia ovat mm. kevään hankalat korjuuolosuhteet, suuri sadonkorjuuhävikki, kuljetuksen kannattavuusongelmat ja sadon varastoinnin järjestäminen. Korjuuolosuhteisiin voi parhaiten vaikuttaa huolehtimalla peltojen salaojitukselta. Heikkokuntoiset ja hitaasti lumen alta paljastuvat metsänreunalohkot eivät ruokohelven viljelyyn sovellu. Logistiikkaongelmiin on haettu ratkaisua, sillä esimerkiksi Kuortaneella on toteutettu pilottihanke, missä ruokohelpeä on briketöity (Laurila ja Lauhanen 2006).

Ruokohelpibriketin kiintotiheys on kuusinkertainen pyöröpaaliin verrattuna. Tämä pienentää varastotilan tarvetta ja alentaa kuljetuskustannuksia. Briketit soveltuvat poltettavaksi lämpölaitosten ohella myös kotitalouksissa sekä maataloilla. Tulevaisuudessa ruokohelpe voi olla myös vaihtoehto pellettien raaka-aineeksi (Flyktman ja Paappanen 2005).

Tällä hetkellä ruokohelvestä saatavan biomassan loppukäyttäjät ei useinkaan yhden yksittäisen viljelijän näkökulmasta ole lähistöllä riittävällä etäisyydellä kuin yksi, jolloin briketöinti tai pelletöinti luo aivan uudenlaisen markkinatilanteen ruokohelvelle. Ruokohelvestä saatavan biomassan jalostus pelleteiksi ja briketeiksi on mahdollista suurten voimalaitosten ohella myös paikallisissa lämpölaitoksissa sekä kotitalouksissa.

Ruokohelvestä maksetaan tuottajalle sadon laadusta ja etäisyydestä voimalalta riippuen 20 euroa tonnilta. Hehtaaria kohden tämä on 4000 kilon sadolla noin 120 euroa. Hinta sovitaan sopimuksissa usein pellonreunaan. Merkittävin viljelijän hintaan vaikuttava tekijä on kuljetusetäisyys. Taulukossa 7. on ruokohelven tuotantokustannuksia verrattu rehuohran viljelyyn.

Rehuohran sato hehtaarilta laskelmassa on noin 4 000 kg ja hinta 190 euroa tonnilta. Muuttuvien kustannusten jälkeen (laskelmassa katetuotto A) rehuohran viljely näyttää kannattavammalta, mutta kun laskelmassa huomioidaan työ- ja korjuukustannukset (laskelmassa katetuotto C) rehuohran ja ruokohelven viljely on lähes samalla tasolla. Pellon kustannukset huomioiden sekä rehuohran että ruokohelven viljelystä syntyy nettotappiota.

Taulukko 7. Ruokohelven ja rehuohran tuotantokustannukset (Lähde: ProAgria Maaseutukeskusten liitto).

Tuotot/ha	Yksikkö	a-hinta	Rehuohra		Ruokohelppi		
			Määrä	euroa	Määrä	euroa	
Ruokohelven myyntituotot	tn	20			6	120	
Rehuviljan myyntituotot	kg	0,190	4000	760			
Tilatuen tasatukiosa	ha	239	1	239	1	239	
LFA- ja kansallinen tuki	ha	169	1	169	1	169	
Ympäristötuki	ha	151	1	151	1	151	
EU-energiakasvituki	ha	43	0	0	1	43	
Ruokohelven tuotot yhteensä perustamisvuosina (A-alue)							602
Ruokohelven tuotot yhteensä perustamisvuosina (B-alue)							604
Ruokohelven tuotot yhteensä perustamisvuosina (C1-alue)							580
Ruokohelven tuotot yhteensä perustamisvuosina (C2-alue)							589
Ruokohelven tuotot yhteensä satovuosina (A-alue)							722
Ruokohelven tuotot yhteensä satovuosina (B-alue)							724
Ruokohelven tuotot yhteensä satovuosina (C1-alue)							700
Ruokohelven tuotot yhteensä satovuosina (C2-alue)							709
Tuotot yhteensä keskimäärin (A-alue)							698
Tuotot yhteensä keskimäärin (B-alue)							700
Tuotot yhteensä keskimäärin (C1-alue)							676
Tuotot yhteensä keskimäärin (C2-alue)							685
Muuttuvat kustannukset ruokohelven viljelyssä							
Perustamisen ja lopetuksen muuttuvat kustannukset							
Siemen	kg	5,50			12	66	
Syysviljan Y-lannos	kg	0,25			300	75	
Rikkakasvien torjunta-aineet	ha	61			1	61	
Traktorityö	h	4,60			6	28	
Satovuosien (8 vuotta) muuttuvat kustannukset							
Kevätviljan Y 3 -lannos	kg	0,25			300	75	
Varastointimuovi	m2	0,35			45	16	
Traktorityö	h	4,60			1,4	6	
Sadonkorjuu urakointina	ha	1,00			160	160	
Liikepääoman korko (5 %)	euroa	0,05			306	15	
Muuttuvat kustannukset keskimäärin vuotta kohden							241
Muuttuvat kustannukset rehuohran viljelyssä							
Viljan oma siemen	kg	0,24	164	39			
Viljan ostosiemen	kg	0,34	41	14			
Kevätviljan Y 3 -lannos	kg	0,25	435	109			
Kalkitus	ton	35	0,25	9			
Rikkakasvien torjunta-aine	ha	32	1	32			
Kasvitautilien torjunta-aine	ha	28	1	28			
Traktorityö	h	4,60	8	37			
Leikkuupuinti	h	4,60	1,4	6			
Kuivatus	kg	0,012	4000	48			
Rahti ja välityspalkkiot	kg	0,013	3836	50			
Liikepääoman määrä (50 %)	euro	0,50	529				
Liikepääoman korko (5 %)	euro	0,05	264	13			
Muuttuvat kustannukset yhteensä							385
Katetuotto A (A-alue)							457
Katetuotto A ilman pinta-aratukia (A-alue)							-145

		Rehuohra			Ruokohelppi	
	Yksikkö	a-hinta	Määrä	euroa	Määrä	euroa
Työkustannukset		13,05	12	157	3	39
Katetuotto B (A-alue)				777		418
Katetuotto B ilman pinta-alamatukia (A-alue)				218		-184
	Yksikkö	a-hinta	Määrä	euroa	Määrä	euroa
Kustannukset						
Kone-, rakennus- ja yleiskustannukset						
Traktori	h	8	8	62	1,7	13
Leikkuupuumuri	h	69	1,4	96	1	23
Kuivurin koneet	ha	41	1	41		
Muut koneet	ha	127	1	127		
Konekustannukset yhteensä				327		36
Kuivurirakennus	ha	1	72	72		
Konehalli	ha	47	1	47	1	47
Rakennuskustannukset yhteensä				119		47
Yleiskustannukset				60		60
Kone-, rakennus- ja yleiskustannukset yhteensä				505		143
Katetuotto C (A-alue)				272		275
Pellon kustannukset						
Pellon korko	ha	0,05	3400	170	3400	170
Sajajoitituksen kustannukset	ha	138	1	138	1	138
Pellon kustannukset yhteensä				308		308
Nettovoitto/tappio (A-alue)				-36		-33
			Yhteensä	euroa/kg	Yhteensä	e/tn
Tuotantokustannus (A-alue)			1355	0,34	731	152
Kustannus, jos tuet vähennetään			796	0,2	138	29

Laskelmat on tehty avonolisäverottomin hinnoin. © ProAgria Maaseutokeskusten Liitto 4.10.2007

- Rehuohran kustannuslaskennan perusteet:
- 1) Rehuohran ennakk. keskim. hinta marraskuussa 2007 (marraskuun hinta: 112,27 e/tn v. 2006, 99,80 e/ton v. 2005 ja 103,64 e/tn v. 2004).
 - 2) Tilatuen tasatukiosuus A-alueella 246,60 euroa/ha, B- ja C1-alueella 195,84 euroa/ha ja C2-C4 -alueella 152,67 euroa/ha.
Lisäksi on otettu huomioon 5 %:n CAP-tukileikkaus, joka koskee 5000 euron ylittävää osaa tilan CAP-tukien yhteismäärästä.
Esim. A: 50 ha x 246,60 e/ha = 12330 e. Tukileikkaus 5 % x (12330 e - 5000 e) = 366,50 e. Leik. tuki 11963,50 e / 50 ha = 239,27 e/ha
 - 3) LFA-tuki A-alueella 150 euroa/ha, B- ja C1-alueella 200 euroa/ha ja C2-C4-alueella 210 euroa/ha + LFA-lisäosa
A-C1-alueella kasvitilalla noin 19 ja kotieläintilalla noin 95 e/ha ja C2-C4-alueella kasvitilalla noin 24 ja kotieläintilalla noin 99 e/ha.
 - 4) Viljojen uusi ymp.tuki (kasvitila): A- ja B-alueella perustuki 93 e/ha + lisätoimenpiteet 1-4 kpl, esim. yht. 58 e/ha = 151 e/ha.
C-alueella perustuki 93 e/ha + lisätoimenpiteet 0-2 kpl, esim. yht. 34 e/ha = 127 e/ha.
 - 5) Yleinen pohjoinen hehtaarituki C2- ja C2P-alueella 30 euroa/ha, C3-alueella 46 euroa/ha ja C4-alueella 97 euroa/ha.
 - 6) Oma siemen: 80 % oma siemen, hinta helmikuussa 2007 noin 12 snt/kg + kotik.lisä noin 6 snt/kg + peittäus 4 snt/kg + oman siemenen käyttömaksu useimmilla lajikkeilla 1,7 snt/kg (3,65 e/ha) = 24 snt/kg.
 - 7) Ostosiemen: 20 % ostosiemen, arvioitu hinta helmikuussa 2007, peittäus, sisältäen rahtikulua 3 snt/kg.
 - 8) Lannoitus: savimaa (250 mg K/l, 10 mg P/l). Helmikuun 2007 hinta + rahti 1,2 snt/kg.
 - 9) Rikkakasvien torjunta: torjunta-aineet 19 e/ha + juolavehnan ja muiden kestopikkakasvien torjunta 13 e/ha/vuosi (= 19 e/ha / 1-2 v) = 32 e/ha.
Tanitissa kasvunsaade 16 e/ha ja tuholaisten torjunta-aine 6 e/ruiskutuskerta.
 - 10) Traktorityö ja leikkuupuinti sisältää poltto- ja voiteluaineen. Kuivatus sisältää polttoaineen ja sähkön.
 - 11) Ympäristötuen ehtojen täyttämisen kustannuksia ja tulonmenetyksiä ei ole otettu erikseen huomioon, koska merkitys vaihtelee olennaisesti tilakohtaisesti esimerkiksi peltojen maalajin ja sijainnin sekä tilan kotieläintuotannon mukaan.
 - 12) Traktorin/leikkuupuinturin poisto, korko, vakuutus ja kunnossapitokustannukset 600/100 tunnin vuotuisen käytön mukaan.
Kuivurin, muiden koneiden ja rakennusten kustannukset sisältävät 50 hehtaarin tilamallin mukaan lasketut kustannukset.
 - 13) Kuivurirakennuksen kustannuksissa on otettu huomioon erot varastotilan tarpeessa.

Ruokohelven kustannuslaskennan perusteet:
1) Ennakoitu satomäärä 6 tonnia / hehtaari. Ennakoitu tuottajahinta pellolla.
Hinta riippuu etäisyydestä ruohelven käyttöpaikkaan.
2) Tilatuen tasatukiosuus A-alueella 246,60 euroa/ha, B- ja C1-alueella 195,84 euroa/ha ja C2-C4 -alueella 152,67 euroa/ha.
Lisäksi on otettu huomioon 5 %:n CAP-tukileikkaus, joka koskee 5000 euron ylittävää osaa tilan CAP-tukien yhteismäärästä.
Esim. A: 50 ha x 246,60 e/ha = 12330 e. Tukileikkaus 5 % x (12330 e - 5000 e) = 366,50 e. Leik. tuki 11963,50 e / 50 ha = 239,27 e/ha
Laskelmassa käytetty tilatuen leikattu tasatukiosuus: A-alue 239 euroa/ha, B- ja C1-alue 191 euroa/ha ja C2 - C4 -alue 150 euroa/ha.
3) EU-energiakasvituki 45 euroa/ha. EU-tukileikkaus 5 % => 95 % x 45 euroa/ha = 42,75 euroa/ha.
4) Uusi ympäristötuki (kasvitila): A- ja B-alueella perustuki 93 e/ha + lisätoimenpiteet 1–4 kpl, esim. yht. 58 e/ha = 151 e/ha.
C-alueella perustuki 93 e/ha + lisätoimenpiteet 0–2 kpl, esim. yht. 34 e/ha = 127 e/ha.
5) LFA-tuki A-alueella 150 euroa/ha, B- ja C1-alueella 200 euroa/ha ja C2-C4-alueella 210 euroa/ha + LFA-lisäosa
A-C1-alueella kasvitilalla noin 19 ja kotieläintilalla noin 95 e/ha ja C2-C4-alueella kasvitilalla noin 24 ja kotieläintilalla noin 99 e/ha.
Yleinen pohjoinen hehtaarituki C2- ja C2P-alueella 35 euroa/ha, C3-alueella 51 euroa/ha ja C4-alueella 102 euroa/ha.
6) Tuotot perustamisvuonna: perustamisvuosina (2 vuotta) tulot ilman kasvuston myyntituloa ja ilman EU-energiakasvitukea.
7) Y-lannos: helmikuun / kesäkuun 2007 hinta + rahti 1,2 snt/kg. Eloperäinen maa.
8) Rikkakasvien torjunta: glyfosaatti-ruiskutus sekä kasvuston perustamisen että lopettamisen yhteydessä (ainekustannus 2 kertaa x 20 e/ha = 40 e/ha).
Herbisidi-ruiskutus perustamisvuonna (ainekustannus 21 e/ha).
9) Traktorityön, leikkuupinnan ja kuivauksen hinta sisältää poltto- ja voiteluaineen sekä sähkön.
10) Sadonkorjuussa urakointihinta sisältää paaliverkon.

3.2.4. Vilja lämmityspolttoaineena

Viljan käyttö lämmityksessä voi olla viljelijälle varteenotettava vaihtoehto silloin, kun viljan hinta on alhainen tai laadussa esiintyy ongelmia. Suomessa viljojen hintakehitys oli laskeva 2000-luvun puoliväliin, ja siksi kiinnostus viljan energiakäyttöön kasvoi. Myös energian hinnannousun myötä viljan suhteellinen kannattavuus lämmitysenergiana on parantunut (taulukko 8).

Energiaviljan viljely ei poikkea välttämättä paljon tavanomaisesta viljanviljelystä, mutta viljan poltto vaatii tiettyjä ominaisuuksia laitteistolta. Maatiloilla viljanviljelyn kustannuksista ja energiankulutuksesta huomattava osa kuluu viljan kuivausvaiheessa. Energiaviljan taloudellinen kannattavuus syntyy säästöistä viljan kuivausvaiheessa, sillä energiaviljaa ei sen sijaan tarvitse saada yhtä kuivaksi kuin rehuviljaa. Energiaviljalle riittää, että vilja kuivataan esimerkiksi 17 prosentin kosteuteen 13 prosentin sijasta (Luoma ym. 2006).

Taulukko 8. Energiaraaka-aineen hintoja, muodostuvia energianhintoja sekä maatilasähkön hinta.

	Hinta, €/tn	Läm- pöar- vo, MWh	Energia- hinta, € / MWh	Lähde
Hake	-	-	11,82	Energiakatsaus 1/2007, metsähakkeen hinta käyttöpaikalla joulukuussa 2006 (ilman ALV).
Kaura	80,00	4,20	19,00	Luoma ym. 2006
Puupelletti	121,40	4,75	25,60	Energiatilasto vuosikirja 2006, pellettien keskimääräinen hinta vuonna 2005 käyttöpaikalla
Maatilasähkö	-	-	74,96	Sähkön hinta peltoviljelyä harjoittavan maatilan (kulu- tus 10 MWh/vuosi) mukaan 1.8.2006. Sisältää sähkö- energian hinnan ja siirtohin- nan (ilman ALV). Vuonna 2007 maatalouden harjoittaja voi hakea sähkö- veron palautusta 0,23 snt/KWh.

Huom! Laskelmassa ei ole huomioitu laiteinvestointikustannuksia.

Viljan energiakäyttö ei ole näkynyt merkittävästi viljan käytössä, sillä pelloil- ta korjataan energiaviljaa noin 10,4 milj. kiloa, mikä vastaa 0,3 prosenttia vuoden 2005 viljasadosta (Tike 2007b).

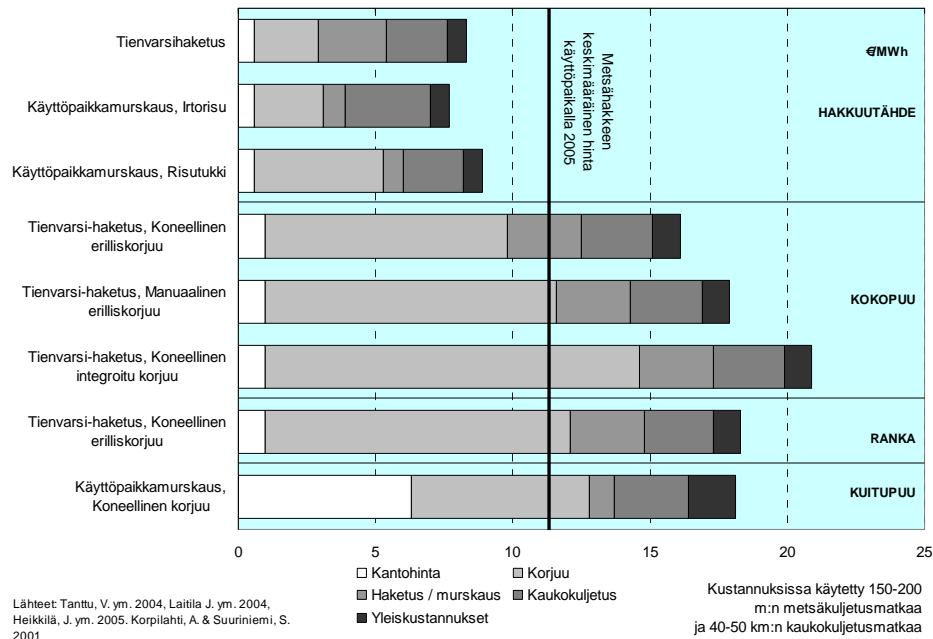
Maatilan näkökulmasta energiaviljan lämmitysenergian hintavertailua muihin biopolttoaineisiin vaikeuttaa muun muassa viljojen voimakas vuoden 2006 lopussa alkanut hinnannousu, joka heijastui osittain myös Suomeen. Esimerkiksi Luoman ym. (2006) kauran hintana on käytetty 80 euroa tonnilla, mutta vuoden 2007 tammi-kesäkuun hinnat ovat liikkuneet selvästi korkeammalla noin 120-140 eurossa tonnilla. Jos viljan hinnat jatkavat nousua, kiinnostus energiaviljaan todennäköisesti alenee.

3.2.5. Energiapuu

Energiapuun korjuusta on tullut merkittävä osa teollisuuden ainespuun korjuuta erityisesti päätehakkuiden hakkuutähteiden osalta. Lisäksi kantojen keruu on yleistymässä. Pieniläpimittaista puuta metsänomistajat toistaiseksi keräävät pääosin omaan käyttöön (Järvinen ym. 2006).

Energiapuun korjuukustannukset vaihtelevat paljon johtuen esimerkiksi käyttöpaikan etäisyydestä ja energiapuukertymästä. Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttaa lisäksi merkittävästi KEMERA-tuki (kestävän metsätalouden rahoitus). Energiapuun kohdalla rahoitusta annetaan energiapuun korjuuseen ja haketukseen sekä nuoren metsän hoitoon. Energiapuun korjuukustannuksia on tutkittu muun muassa Metsäntutkimuslaitoksella, Työtehoseurassa ja Metsätehossa. Kuvioissa 12 ja 13 energiapuun korjuuta on kuvattu eri energiapuutavaralajeilla sekä eri menetelmillä ja verrattu näitä kustannuksia keskimääräiseen hintaan käyttöpaikalla.

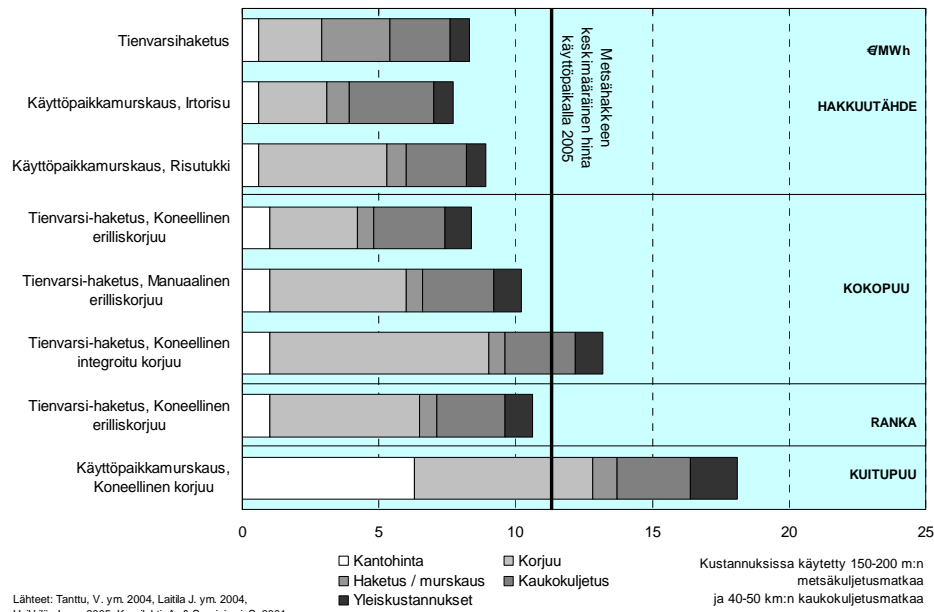
Vuonna 2005 metsähakkeen keskimääräinen hinta käyttöpaikalla oli noin 11 €/MWh (Metla 2006). Energiapuun "kantohinnan", korjuukustannusten ja kuljetuskustannusten tulisi siis yhteensä olla tätä pienemmät, jotta toiminta olisi kannattavaa, tai toimintaa olisi kompensoitava esimerkiksi tukitoimin. Kuvioiden taustalla olevissa tutkimuksissa energiapuukertymä vaihtelee energiapuutavaralajeittain 25 m³:n/ha - 40 m³:n/ha välillä.



Kuvio 12. Metsähakkeen tuotantokustannukset ilman KEMERA-tukia.

Metsähakkeen tuotanto hakkuutähteistä on kannattavaa ilman KEMERA-tukiakin (kuvio 12). Sen sijaan kokopuun ja rangan tuotantokustannukset ylittävät metsähakkeesta maksetun keskimääräisen hinnan. KEMERA-tukia pystytään kohdistamaan kahteen merkittävimpään kustannuserään eli korjuuseen sekä haketukseen ja murskaukseen. Huomioitaessa tuet myös kokopuun korjuun kannattavuus paranee huomattavasti (kuvio 13).

Energiapuusta maksettu hinta metsänomistajalle ("kantoraha") on toistaiseksi ollut hyvin vähäinen tai energiapuusta ei ole maksettu lainkaan. Energian hintojen yleisen nousun myötä mahdollisuus maksaa korkeampaa kantohintaa myös energiapuusta todennäköisesti nousee. Suomessa merkittävimmät energiapuun ostajat maksavat energiapuusta eri tavoin. Energiapuun hinta voi muun muassa olla sidoksissa kertyneeseen ainespuun määrään tai hinta voi olla pinta-alaperusteinen.



Kuvio 13. Metsähakkeen tuotantokustannukset KEMERA-tukien kanssa.

3.2.6. Yhteenveto: biomassatuotannon kannattavuus maatalan näkökulmasta

Maatilalla on useita vaihtoehtoja biomassaraaka-aineen tuottamiseksi, ja lopulliseen valintaan vaikuttavat monet toimintaympäristöön sidoksissa olevat tekijät sekä käytettävissä oleva teknologia. Viljelijöiden peltobiomassan tai bioenergian tarjontahalukkuuteen vaikuttaa olennaisesti energiakasvien tuotannon suhteellinen kannattavuus verrattuna muuhun maataloustuotantoon.

Maatilan toimintavaihtoehtona on tuottaa biomassaa tilan ulkopuolelle esimerkiksi sopimusviljelyllä tai tehdä bioenergiasta selvästi tilan ulkopuolelle suuntautuvaa liiketoimintaa, kuten esimerkiksi lämpöyrittäjänä toimiminen. Toisena vaihtoehtona on käyttää biomassaa hyödyksi omalla tilalla joko lämmitykseen tai biopolttoaineiden tuotantoon. Siten bioenergian tuotanto parantaa tilan omaa energiaomavaraisuutta ja suojaa tilaa energian hintojen nousulta.

Tällä hetkellä rypsi biodieselin tuotanto ilman merkittäviä verohelpotuksia ei maatalan näkökulmasta ole kannattavaa. Muissa maissa käyttöönotetut

kansalliset valmisteverohelpotukset nostavat kysynnän kasvun myötä rypsin ja rapsin hinnan niin korkealle, ettei tuotanto ole jatkossa kannattavaa kuin sellaisissa maissa, joissa on korkeimmat verohelpotukset. Eri maiden biopolttoainesubventiot heijastuvat lisääntyneen kysynnän myötä raaka-aineiden hintoihin. Tämä heijastuu öljykasvien viljelyalojen kasvuna.

Maatilan näkökulmasta viljojen hinnan nousu on heikentänyt ruokohelven ja energianviljan tuotannon suhteellista kannattavuutta tavanomaiseen viljantuuotantoon verrattuna. Ruokohelven tuotantoketjussa tarvitaan harkintaa sopimushinnoittelussa, jotta viljelijöiden kiinnostus ruokohelven viljelyyn säilyy ja uusia tuottajia saadaan mukaan. Vaikka energiaviljan viljely tilan lämmitystarkoitukseen suojaa tilaa energiahintojen nousulta, viljanviljelyn suhteellisen kannattavuuden parantuessa kiinnostus energiaviljan viljelyyn alentunee.

Biokaasun tuottaminen maatilalla tilan oman sähkön ja lämmön korvaamiseksi ei ole kyennyt tuomaan kuin vain pienen osan kannattavan biokaasulaitosinvestoinnin edellyttämästä tulovirrasta. Kannattava biokaasun tuottaminen maatilalla on ollut mahdollista ainoastaan tilan ulkopuolelta tulevien yhdyskuntabiojätteiden ja teollisuuden eloperäisten sivuvirtojen käsittelystä saatavilla porttimaksutuloilla. Tilanne tosin saattaa muuttua biokaasusähkön syöttötariffin käyttöönoton (takuuhinnan) myötä. Tariffin suuruus ja käyttöönoton ajankohta olivat kuitenkin vielä kesällä 2007 avoinna.

Maatiloilla korjataan energiapuuksi omaan käyttöön lähinnä pieniläpimitaista puuta ja esimerkiksi lehtipuuta, jota poltetaan klapeina tai haketetaan. Myyntiin tuleva energiapuu on usein hakkuutähdettä ja tulee markkinoille täysin ainespuun myynnin sivutuotteena, tai toisaalta pienehköissä erissä myytäviä halkoja tai pilkkeitä.

Energian hinnan kohotessa energiapuusta maksettava hinnan merkitys saattaa kuitenkin kasvaa ja vauhdittaa aktiivista energiapuun tarjontaa. Vielä vuonna 2007 energiapuun markkinat olivat kuitenkin melko kehittymättömät. Esimerkiksi hinnoitteluperusteet ja mittausperusteet vaihtelevat eikä hintoja tai määriä tilastoida aktiivisesti. Tärkein energiapuun tarjontaan vaikuttava tekijä on kuitenkin todennäköisesti jatkossakin ainespuun kysyntä ja myynti. Erityisesti maatiloilla energiapuun tuotantoon voi liittyä myös lämpöyrittäjyys, jossa oma ja muualta hankittava energiapuu jalostetaan lämmöksi lähiseudun pienkiinteistöihin ja tällöin tulojen perusteena on energian hinta.

4. PELTO- JA METSÄENERGIAN TUOTANNON NÄKYMÄT VUOTEEN 2015

4.1. Biopolttoainetuotannon ja maailmankaupan näkymät vuoteen 2015

Yhdysvaltalainen ennustelaitos Fapri ennakoi, että etanolin maailmankauppa vähenee vuonna 2007 johtuen Yhdysvaltojen kotimaisen etanolintuotannon kasvusta ja siten pienentyneestä tuontitarpeesta. Merkittävin etanolin viejämaa vuonna 2006 on Brasilia, joka tuottaa etanolia yhteensä noin 18 miljardia litraa ja vie tuotannostaan viidenneksen eli 3,5 miljardia litraa. Vuonna 2007 etanolin valmistamiseen Brasiliassa käytetään yli 200 miljardia kiloa sokeriruokoa, ja määrän ennakoidaan kasvavan noin 40 % vuoteen 2015 mennessä. Brasilian säilyttää asemansa lähes ainoana etanolin viejämaana maailmassa (taulukko 8).

Kysynnän kasvusta huolimatta etanolin maailmanmarkkinahinnan ennakoidaan laskevan vuoteen 2015 mennessä. Etanolin maailmanmarkkinahintana käytetään brasilialaisen vedettömän etanolin hinta, joka laskee 0,40 USD litralta noin 0,36 USD litralta vuoteen 2015 mennessä. Laskeva trendi johtuu siitä, että etanolin ennakoitu tuotanto maailmassa kasvaa kulutusta nopeammin (taulukko 9).

Etanolin tuotannon Yhdysvalloissa ennakoidaan kasvavan reippaasti lähi-vuosina, mutta kasvu tasaantuu vuoden 2010 jälkeen. Tasaantumisesta huolimatta vuoden 2007 etanolin tuotantomäärään verrattuna (18 miljardia litraa) etanolia tuotetaan lähes 75 % enemmän, noin 47 miljardia litraa vuonna 2015 (Fapri 2007).

Taulukko 9. Etanolin kansainvälinen kauppa ja etanolin hintaennusteet vuosille 2006-2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Viejämaa										
					(miljoonaa litraa)					
Brasilia	3 512	2 450	2 722	2 948	3 241	3 558	3 814	4 060	4 304	4 536
Kiina	158	29	20	-29	-125	-198	-272	-339	-401	-458
EU-25	-268	-469	-489	-548	-582	-689	-730	-777	-828	-878
Intia	-447	-576	-557	-575	-620	-648	-676	-699	-716	-729
Japani	-649	-744	-790	-840	-888	-932	-976	-1 020	-1 062	-1 104
Etelä-Korea	-282	-319	-339	-364	-391	-416	-441	-465	-489	-513
Yhdysvallat	-2 571	-896	-1 084	-1 092	-1 117	-1 137	-1 158	-1 177	-1 198	-1 218
Muu maailma	88	66	58	41	22	2	-19	-43	-68	-96
Kokonaisvienti (netto)*	3 758	2 545	2 799	2 989	3 263	3 561	3 814	4 060	4 304	4 536
Hinnat					(USD litraa kohti)					
Etanolin maail- manmarkkina- hinta **	0,47	0,40	0,41	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36
US Etanoli, FOB Omaha	0,68	0,51	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42

Kokonaisvienti (netto) on positiivisten vientimäärien yhteissumma.

** Brasilialainen hinta (vedetön)

Lähde: Fapri 2007

Euroopassa biodieselin osuus biopolttoaineista on etanolia suurempi vuonna 2007, mutta etanolin tuotannon arvioidaan kasvavan biodieselin tuotantoa nopeammin. Vuonna 2007 biodieseliä tuotetaan noin 6,2 miljardia litraa ja vuonna 2015 tuotanto on kasvanut yli 7 miljardiin litraan. Vuonna 2007 etanolia tuotetaan noin 3,4 miljardia litraa ja tuotannon ennakoitaan kasvavan noin 5,3 miljardiin litraan vuoteen 2015 mennessä. Etanolin kulutuksen arvioidaan olevan vuonna 2015 yli 6 miljardia litraa, ja siten EU:lla olisi lähes miljardin etanolilitran tuontitarve. Euroopan unioni on etanolin nettotuojana koko tarkasteluajanjakson ajan (taulukko 10) (Fapri 2007).

Taulukko 10. Biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttö EU:ssa vuosina 2006-2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Etanoli	(miljoonaa litraa)									
Tuotanto	3 272	3 426	3 681	3 904	4 142	4 380	4 611	4 839	5 065	5 292
Kulutus	3 540	3 891	4 166	4 447	4 719	5 063	5 335	5 609	5 886	6 161
Nettomyynti	-268	-469	-489	-548	-582	-689	-730	-777	-828	-878
Viljan käyttö etanolin tuotannossa	(1000 tonnia)									
Vehnä	12 901	13 812	15 385	16 716	18 139	19 559	20 937	22 300	23 645	24 995
Maissi	1 843	1 973	2 198	2 388	2 591	2 794	2 991	3 186	3 378	3 571
Ohra	2 765	2 960	3 297	3 582	3 887	4 191	4 486	4 778	5 067	5 356
Ruis	922	987	1 099	1 194	1 296	1 397	1 495	1 593	1 689	1 785
Biodiesel										
Tuotanto	20 837	23 307	24 349	24 704	24 824	24 780	25 132	25 729	26 411	27 107
Öljykasvien käyttö biodieselin tuotannossa										
Rapsiöljy	17 697	20 815	21 670	22 032	22 084	21 959	22 224	22 757	23 393	24 081
Soijaöljy	5 281	4 714	4 783	4 668	4 607	4 545	4 601	4 619	4 679	4 700
Auringonkukkaöljy	360	574	818	968	1 112	1 249	1 323	1 441	1 509	1 579

4.2. Näkymät Suomessa vuoteen 2015

Pelloilla tuotettavilla energiakasveilla on huomattava merkitys liikenteen biopolttoaineiden raaka-aineina etenkin seuraavan kymmenen vuoden aikana, kun nykyinen ensimmäisen sukupolven teknologia on laajasti hyödynnettyä. Tämän jakson jälkeen todennäköisesti kaupallistuvat uudet toisen sukupolven teknologiat avaavat enemmän mahdollisuuksia metsäbiomassojen ja muiden uusien energiakasvien käyttöön liikennepolttoaineiden tuotannossa.

Kehitteillä olevat teknologiat mahdollistavat raaka-ainepohjan laajentamisen biopolttoaineen valmistuksessa, esimerkiksi lignoselluloosapohjainen biomassan jalostus on kehitys- ja tutkimusvaiheessa (Sipilä ja Helynen 2006). Tämän teknologian etuna on tärkkelyskasveja laajempi raaka-ainepohja, sillä energianlähteenä käytetään turvetta, puuta, metsätähdettä, ruokohelpeä ja olkea. VTT arvioi synteetikaasuteknologiaan perustuvan biodieselin tuotannon alkavan Suomessa vuoden 2012 jälkeen (Biodieselin tuotanto...2006). Seuraavan 5-10 vuoden aikana maailmassa nestemäinen bio-

polttoainetuotanto perustuu kuitenkin enimmäkseen maataloussektorilta peräisin oleviin raaka-aineisiin.

Eryityisesti Suomessa biopolttoainejalostuksen teknologinen kehitys on ollut nopeaa. Esimerkiksi Stora Enso ja Neste Oil rakentavat hakkuutähteitä käyttävän koelaitoksen Stora Enson Varkauden laitoksen yhteyteen. Suunnitelmissa on koetehtaan lisäksi rakentaa täysimittainen 250 megawatin biodieseltehdas, mutta tehtaan sijainti on vielä epävarma. Myös UPM:n suunnitelmissa on rakentaa vastaavankokoinen laitos. Yksi metsäbiomassaan perustuva biodiesellaitos käyttää noin miljoona kuutiota kanto- ja risuhaketta ja tuottaa noin 100 000 tonnia dieselvahaa vuodessa. Vahasta valmistetaan noin 120 miljoonaan litraa dieselöljyä. Valmistuksen sivutuotteena syntyy myös lämpöä (Kauppalehti 2007).

Nykykehityksen valossa on siis todennäköistä, että vuonna 2015 Suomessa tuotetaan biopolttoaineita sekä pelto- että metsäbiomassoista. Kotimaisista peltobiomassoista ruokohelven ja biokaasun tuotanto sähkön ja lämmön tuotannossa on siten lisääntymässä selvemmin kuin esimerkiksi etanolin ja biodieselin tuotanto liikennepolttoaineissa. Toistaiseksi Suomessa etanolin ja kotimaiseen raaka-aineeseen perustuvan biodieselin tuotanto ei ole käynnistynyt ilman merkittäviä investointitukia tai verohelpotuksia.

5. SYNTEESI

Ilmastonmuutoksen pääasiallisena syynä pidetään kasvihuonekaasujen lisääntymistä ilmakehässä. Fossiilisten polttoaineiden vähentäminen on ratkaisevassa asemassa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Fossiilisten polttoaineiden korvaamiseksi katsotaan tarvittavan bioenergiasektorin eli biomassatuotannon ja jalostamisen sekä näihin liittyvien markkinoiden ja jakelujärjestelmien voimakasta kehitystä nopeasti ja mittavasti seuraavan kymmenen viidentoista vuoden aikana. Tämä on esimerkiksi EU:n poliittisena tavoitteena. Tavoitteita vauhdittaa sekin, että useat maat ja alueet, EU mukaan lukien, haluaisivat lisätä bioenergian tuotantoa nostaakseen energiaomavaraisuuttaan tai ainakin hillitäkseen omavaraisuuden suhteellista pientymistä.

Bioenergiasektorin kasvu kehittää maataloussektoria markkinalähtöisempään suuntaan, sillä bioenergiasektorin laajeneminen lisää pellonkäytön vaihtoehtoja viljelijöille ja tasapainottaa maataloustuotteiden markkinoita. Pitkällä aikavälillä maataloustuotteiden raaka-ainehintojen ennakoitaan nousevan, kun elintarvikkeiden ja rehun kysyntä kasvaa ja uutena kysyntäelementtinä kasvava biopolttoainetuotanto tarvitsee myös raaka-ainekseen muun muassa maataloustuotteita. Myös todennäköisesti puun kysyntä kasvaa. Positiivisten vaikutusten joukkoon lukeutuu luonnollisesti se, että bioenergia vähentäisi ilmastoon tulevaa kasvihuonekaasukuormaa. Tämän taloudellisia ja markkinavaikutuksia on vaikea täsmällisesti arvioida, mutta nämä olisivat joka tapauksessa positiivisia (esim. Stern 2006).

Kehityksellä on myös varjopuolia. On todennäköistä, että aiempaa voimakkaammat heilahtelut maataloustuotemarkkinoilla yleistyvät, mikäli markkinat muodostuvat yhä kansanvälisemmiksi ja eri viljelykasvien markkinat ovat yhä enemmän sidoksissa toisiinsa. Tämä saattaa koskea myös puumarkkinoita. Viljamarkkinoilla hintojen voimakas heilahtelu viime aikoina on pääasiassa seurausta lyhyen aikavälin tekijöistä: epäedullisista sääoloista ja pienentyneistä maailman viljavarastoista. Pidemmällä aikavälillä näköpiirissä saattaa joka tapauksessa olla maatalouskasvien ja puun markkinoiden keskinäisen integraation lisääntyminen, mikäli maatalouden ja metsätalouden tuotteille tulee laaja yhteinen kysyntäsektori eli energiatuotanto. Tällöin yhden tuotteen markkinoiden vaihtelut välittyvät aiempaa voimakkaammin muiden uusiutuvien, orgaanisten luonnonvarojen markkinoilla. Laajemmat

heilahtelut saattavat lisätä markkinoihin liittyviä riskejä ja tarvetta esimerkiksi suojautumiseen ja suurempien varastojen ylläpitoon.

Kääntöpuolena on esitetty huoli siitä, ettei maailmassa tuoteta riittävästi elintarvikkeita, sillä bioenergiasektori kilpailee maailman ruoantuotannon kanssa. Globaalisti nykyinen biopolttoaineiden jalostus nojaa voimakkaasti käytettävissä oleviin peltoresursseihin ja peltoresursseja arvioidaan olevan käytettävissä biopolttoaineiden tuotantoon nykyisen 14 miljoonan hehtaarin lisäksi selvästi nykyistä enemmän. Esimerkiksi merkittävimmässä maatalousmaissa, kuten Yhdysvalloissa ja EU:ssa, viljelykseen kelpaavia peltoja on laitettu reserviin yhteensä yli 20 miljoonaa hehtaaria osin ylituotannon rajoitustoimenpiteenä. Tämän lisäksi Brasiliassa nykyisen 10 miljoonan hehtaarin sokeriruohon viljelyalan lisäksi käytettävissä on laidunalueita, joita voitaisiin ottaa käyttöön arviolta 100 miljoonaa hehtaaria. Suomessa arvioidaan noin neljänneksen viljelymaasta eli reilut 500 000 hehtaaria olevan käytettävissä biopolttoaineiden tuotantoon.

Yksi epävarmuustekijä tulevassa kehityksessä on bioenergiasektorin teknologinen kehitys, jonka vaikutuksia on vaikea arvioida. Biopolttoaineiden jalostusteknologia siirtyy yhä enemmän uudempiin teknologioihin, jotka joko hyödyntävät täysin energiakasvituotantoon kehitettyjä kasveja tai hyödyntävät kasvinosia entistä laajemmin. Myös puubiomassojen merkitys kasvaa jatkossa. Tämä merkitsee sitä, että kilpailu peltopinta-alasta elintarviketuotannon ja bioenergiantuotannon välillä vähenee.

Puubiomassa on merkittävä uusiutuva luonnonvara. Yli puolet maailman hakkuista käytetään energiaksi lähinnä polttopuuna. Puun teollinen käyttö maailmassa on lisääntynyt, ja pääasiassa metsäteollisuuden sivutuotteena tuleva energiaksi käytettävä biomassa on purua, kuoritähdettä sekä mustalipeää teollisuuden prosesseista. Metsäteollisuus käyttää itse valtaosan tästä bioenergiasta ja kaupallisille markkinoilla päätyy toistaiseksi hyvin vähän sivutuotteena syntyvää puubiomassaa tai tuotettua lämpöenergiaa.

Puuvartisten kasvien tuotantoa bioenergian raaka-ainelähteeksi tai ylipäätään puukuidun tarpeen kasvattamiseksi on kuitenkin mahdollista lisätä metsittämällä puuttomia tai vähäpuustoisia maa-alueita. Tämä tosin edellyttää tehokasta puuvartisten kasvien peltomaista viljelyä. Energiatuotantoon sopii myös sellainen maa, joka ei ole enää kelpollista esimerkiksi elintarvikkeiden tai rehuraaka-aineiden tuotantoon. Tällaista elintarviketuotantoon soveltumatonta peltoa on esimerkiksi Kiinassa, mutta myös esimerkiksi muutamissa Euroopan maissa. Suuri osa maailman metsäalasta (noin kol-

mannes maailman maa-alasta) on vähäpuustoista aluetta, jota saatettaisiin voida käyttää tehokkaammin puuntuotantoon. Esimerkiksi Kiinan yli 250 miljoonan hehtaarin metsäalasta kymmeniä miljoonia hehtaareja on tällaista vähäpuustoista aluetta.

Myös metsien biomassan korjuumenetelmiä ja talteenottoa tehostamalla voidaan lisätä nykyisten hyväpuustoisten metsien biomassan tarjontaa ilman tuotantoalan kasvattamista. Kokonaisuutena metsien nykyistä huomattavasti suurempi käyttö energian lähteenä ei maailman mittakaavassa kuitenkaan ole helppoa tai tapahdu nopeasti. Suuri osa puusta käytetään jo nyt suoraan energiaksi ja tämä tarve kasvaa koko ajan ilman, että puusta aletaan jalostaa esimerkiksi liikennepolttoaineita. Lisäksi kestää ainakin vuosikymmenen tai jopa useampia kymmeniä vuosia ennen kuin nyt perustettavat viljelmät tai parannetut metsäalueet alkavat tuottaa merkittävästi enemmän puuta. Siten markkinoiden lähiaikojen kysynnän kasvun tyydyttäminen merkitsee väistämättä huomion kohdentamista nykyiseen maatalousmaahan ja metsiin. On myös todennäköistä, että markkinoilla vuorottelevat ylikysynnän ja ylitarjonnan tilanteet, mikä lisää markkinoiden heilahteluja.

Suomella on hyvät edellytykset bioenergiasektorin kehittymiselle pelto- ja metsäenergiaresurssien suhteen. Peltobiomassoilla on jatkossa merkitystä erityisesti sähkön ja lämmön tuotannossa. Sen sijaan liikennepolttoaineissa kotimaisen peltoenergian merkitys lienee pienempi. Metsäenergiaresurssien suhteen kehittyvät teknologiat mahdollistavat puuperäisten biomassojen laajemman hyödyntämisen peltoenergian ohella. Vaikka ainakin puolet Suomen metsistä korjattavasta runkopuusta hyödynnetään jo nyt lopulta energian tuotannossa, varsinaisen energiapuun määrä on toistaiseksi vielä vähäinen eikä meillä ole erityisiä "energiametsiä".

Suomalaisen maatilän näkökulmasta bioenergian kysyntä luo uutta kysyntää peltojen ja metsien tuotannolle ja vaihtoehtoja tuotantoon. Siten maatalouden rakennekehityksen jatkuessa luopuvat kotieläintilat voivat siirtyä esimerkiksi energiakasvien viljelyyn. Maatilamittakaavassa biodieselin jalostus ei näytä kannattavalta nykyisillä hinnoilla. Biokaasun osalta tilanne on valoisampi ja se näyttää tuovan mahdollisuuksia vain muutamille isoille tai yhteisyrityksinä toimiville maataloille. Syöttötariffilla on merkittävää vaikutusta biokaasutuotannon kannattavuuteen. Bioenergian tuotanto tarjoaa maataloille enemmän mahdollisuuksia biomassaraaka-aineen tuottajana kuin sen jalostajana.

Bioenergiantuotannon taloutta on muuttuvassa markkinatilanteessa vaikea arvioida luotettavasti pitkällä aikavälillä. Bioenergiantuotannon, jalostuksen ja markkinoiden kehitykseen ja taloudellisten vaikutusten arviointiin tarvitaan selvästi nykyistä enemmän täsmällisempää ja kattavampaa hintatietoa raaka-aineiden osalta. Epävarmuutta bioenergiemarkkinoiden pitkäaikavälin kehitysarvioihin tuo jalostusteknologioiden kehittyminen ja toiminnan kannattavuus.

Bioenergiasektorin kasvulle on selkeät ja kunnianhimoiset tavoitteet EU:ssa. On selvää, ettei metsä- ja peltoenergian tuotanto yksistään riitä EU:ssa kattamaan bioenergian käytölle asetettuja kasvutavoitteita. Bioenergian tuotannon ja käytön lisäys tulee todennäköisesti perustumaan laajalaisesti uusiutuvien energialähteiden kasvuun.

Bioenergiakeskustelussa ja mahdollisten politiikkatoimenpiteiden suunnittelussa on otettava huomioon monta näkökulmaa, jotka saattavat olla osin jopa ristiriidassa keskenään. Näitä päätöksenteossa huomioitavia asioita ovat muun muassa kotimainen energiaomavaraisuus, talouden riippuvuus öljyn hinnasta, biomassan ja bioenergiantuotannon hajauttamisen tai keskittämisen suhde alue- ja kansantalouden sekä kansanvälisen kilpailukyvyn kannalta, bioenergiasektorin laajentumisen mahdolliset negatiiviset vaikutukset perinteisiin maatalouden ja metsätalouden sektoreihin, bioenergiantuotannon ja -jalostuksen kotimaisuusaste sekä bioenergian tuotannon ja jalostuksen ympäristövaikutukset niin kotimaassa kuin ulkomaillakin. Kotimaisen työllisyyden ja energiantuotannon alueellisen merkityksen (positiiviset ja negatiiviset vaikutukset) arviointi lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä tarjoaisivat lisää näkökulmia vallitsevaan bioenergiakeskusteluun. Tällaista tietoa tuottavaa tutkimusta kaivataan niin Suomessa kuin Euroopan unionissa.

LÄHDELUETTELO

- Agra Europe. 2007. Will maize supplies be adequate in 2007/8? Agra Europe Weekly No. 2253, April 5, 2007.
- Australian Commodities. 2006. Crops. Vol 13, no.3 September quarter 2006: 475-490.
- Australian Commodities. 2007. Crops. Vol 14, no. 1, March quarter 2007: 27-41.
- Biodieselin tuotanto alkanee 2012. 2006. Tekniikka & Talous –lehden artikkeli 26.10.2006.
- Biogasgewinnung und –nutzung. 2006. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. 232 p.
- Duffield, J.A. 2006. Overview: Developing New Energy Sources from Agriculture. Choices Magazine. American Agricultural Economic Association. 1st Quarter 2006: 5-7 p.
- Economic Analysis of RES-E Support Mechanisms. 2004. Sustainable Energy Ireland.
- EC 2005. How to support renewable electricity in Europe: An assesment of the differen support Schemes. Directorate-General for Energy and Transport. European commission
- EEA. 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report No 7/2006. European Environment Agency.
- Energiakatsaus. 2006. Kauppa- ja teollisuusministeriön Energiakatsaus 3/2006.
- Energiatilasto. 2006. Energiatilasto –vuosikirja 2006. Tilastokeskus.
- Ericsson, K. & Nilsson, L.J. 2006. Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. Biomass & Energy 30: 1-15.
- Euroopan komissio. 2007. Vilja-ala: Komissio ehdottaa kesannointivelvoiteprosentin vahvistamista nolaksi syksyn 2007 ja kevään kylvöissä. Tiedote IP/07/1101. Bryssel.

- European Commission. 2005. Biomass. Green energy for Europe. EUR 21350. 45 s. Directorate-General for Research. Sustainable Energy Systems.
- European Commission. 2006. Annexes to the report from the Commission to the Council on the review of the energy crops scheme. Commission Staff Working Document. COM (2006).
- European Pellet Centre <http://www.pelletcentre.info>
- Eurostat. 2007. Tilastot. Saatavilla: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>.
- FAO. 2005. European Forest Sector Outlook Study: 1960-2000-2020. Main Report by the Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations, Geneva Timber and Forest Study Paper 20.
- FAO. 2006. Global Forests Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 2006.
- Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations 2006. (FRA) Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147. Rome. 320 s.
- FAOSTAT. FAO Tilastot. <http://www.fao.org>.
- Fapri. 2007. World Biofuels: FAPRI 2007 Agricultural Outlook.
- Flyktman, M. & Paappanen, T. 2005. Ruokohelven käyttökapasiteettiselvitys. VTT tutkimuslaskelma. Pro2105/05. 28 s.
- GAIN. 2006a. Brazil. Sugar. Ethanol update- February 2006. USDA Foreign Agricultural Service. Report No BR6001. Date 2/8/2006.
- GAIN. 2006b. China, Peoples Republic of Bio-Fuels. An Alternative Future for Agriculture. USDA Foreign Agricultural Service. Report No CH6049. Date 8/8/2006.
- Hakkila, P. & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lähteenä. Metsän-tutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s.
- Hallitusohjelma. 2007. Pääministeri Matti Vanhasen II hallituksen ohjelma 19.4.2007
- Heikkilä, J., Laitila, J., Tantt, V., Lindblad, J., Siren, M., Asikainen, A., Pasanen, K. & Korhonen, K. 2005. Karsitun energiapuun korjuuvaihtoehdot ja kustannustekijät. Metlan työraportteja 10.
- Hillring, B. 2006. World trade in forest products and wood fuel. Biomass and Bionergy 30: 815-825.

- IEA. 2004. Renewable Energy: RD&D Priorities. Insights from IEA Technology Programmes. International Energy Agency.
- IEA. 2006a. Key World Energy Statistics 2006. International Energy Agency. Saatavilla: www.iea.org. Viitattu 18.04.2007.
- IEA. 2006b. World Energy Outlook 2006. International Energy Agency.
- IEA. 2006c. World Energy Outlook 2006. Summary and conclusions. International Energy Agency. Saatavilla: www.iea.org. Viitattu 04.05.2007.
- IEA. 2007. Key World Energy Statistics. 2007. International Energy Agency.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report. Summary for Policy-makers. 22 s. Saatavilla: www.ipcc.ch. Viitattu 18.04.2007.
- Järvinen, E., Rämö, A-K & Silvennoinen, H. 2006. Energiapuun tarjonta ja markkinat: Metsänomistajakysely. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja nro 199. 88 s.
- Karjalainen, T., Pussinen, A., Liski, J., Nabuurs, G.J., Erhard, M., Eggers, T., Sonntag, M., Mohren, F. 2002. An approach towards an estimate of the impact of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget: Germany as a case study. Forest Ecology and Management 162: 87-103.
- Kauppalehti. 2007. UPM yritti napata biodieselin tutkijat VTT:n projektista. Kauppalehti 03.05.2007.
- Kauppolitiikka. 2007. Brasilia ajaa etanolia autoihin. Numero 4/2007.
- KTM. 2005. Lähiajan energia ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 24.11.2005. KTM Energiaosaston julkaisuja 25/2005.
- KTM. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa. Työryhmän mietintö. KTM Julkaisuja 11/2006.
- KTM. 2007. Ministeri Pekkarinen: Merkittävä osa energiatutkimusrahoituksesta liikenteen toisen sukupolven biopolttoaineiden kehittämiseen ja käyttöönottoon. KTM- tiedote 098/2007. Päivätty 31.5.2007.
- KOM. 2007. Uusiutuvien energialähteitä koskeva etenemissuunnitelma. Uusiutuvat energianlähteet 2000-luvulla: kestävämmän tulevaisuuden rakentaminen. Euroopan yhteisöjen komissio. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille. KOM (2006) 848.

- Korpilahti, A. & Suuriniemi, S. 2001. Käyttöpaikalla haketukseen perustuva puupolttoaineen tuotanto. Metsätehon raportti 122.
- Laaksonen, K. 2006. Öljyn korkea hinta pakottaa energiavaihtoehtoihin. PTT-katsaus 2/2006. Suomi bioenergian edelläkävijämaana. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos.
- Laitila J., Asikainen, A., Sikanen, L., Korhonen, Kari T. & Nuutinen, Y. 2004. Pienpuuhakkeen tuotannon kustannustekijät ja toimituslogistiikka. Metlan työraportteja 3.
- Latvala, T., Järvinen, E. & Silvennoinen, H. 2007. Bioenergiaa pellolta –maa- ja metsätilan omistajien halukkuus viljellä peltobiomassaa. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita nro 88. 39 s.
- Laurila, J. & Lauhanen, R. 2006. Ruokohelven (*Phalaris arundinacea*) korjuun kustannukset ja energiakäytön kannattavuus briketöitynä Kuortaneella. Työtehoseuran maataloustiedote 7/2006.
- Lehtonen, H & Pyykkönen, P. 2005. Maatalouden rakennekehitysnäkymät vuoteen 2013. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita no 78. 43 s.
- Luoma, H., Peltonen, S., Helin, J., ja Teräväinen, H. (toim.). 2006. Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. Tieto tuottamaan 115. ProAgria. 95 s.
- Maidell, M. 2007. Metsäenergiapotentiaali Suomessa. Julkaisematon työpapere. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos. Helsinki.
- Metla 2006. Puupolttoaineiden käyttö energiantuotannossa 2005. Metsäntutkimuslaitoksen metsätilastotiedote 820. 8 s.
- Metla 2007. Puun energiakäyttö 2006. Metsäntutkimuslaitoksen tilastotiedote 867. 10 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2006. Metla. SVT Maa-, metsä ja kalatalous 2006. Vammala 2006.
- MMM. 2005. Peltoviljelyn tulevaisuuden linjaukset Suomessa. Työryhmämuistio 2005:15. Helsinki.
- MMM. 2006. Kansallinen viljastrategia linjaa bioenergian yhdeksi viljasektorin menestystekijäksi. 2006. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote. 06.09.2006.
- MMM. 2007. Peltobiomassa, liikenteen biopolttonesteet ja biokaasu –jaosto. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio. Loppuraportti. Helsinki.

- MT. 2006. Hämeen biodiesel Asikkalaan. Maaseudun tulevaisuus –lehden artikkeli 11.08.2006.
- Nabuurs, G.J., Päivinen, J., Pussinen, A., Schelhaas, M. J. 2003. Development of European forests until 2050 – a projection of forests and forest management in thirty countries. In European Forest Institute Research Report. Brill, Leiden, Boston, Köln.
- NARMS. 2006. What is Going on in the Corn Market? North America Risk Management Services. October 27, 2006.
- NASS. 2007. Prospective Plantings. The North American Statistics Service. Released March 30, 2007. U.S Department of Agriculture. Saatavilla: www.nass.usda.gov.
- OECD. 2006. Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels. OECD. Directorate for food, agriculture and fisheries. Committee for agriculture. AGR/CA/APM(2005)24/final. 01-Feb-2006. 55 pages.
- OECD-FAO. 2007. Agricultural Outlook 2007-2016. Organisation for Economic Co-operation and Development. Food and Agriculture Organization of the United States.
- Ollikainen, M. 2006. Suomi bioenergian edelläkävijämaana. PTT-katsaus 2/2006.
- Pahkala, K., Isolahti, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A-M., Peltonen, M., Sahramaa, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E. & Flyktman, M. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. 2. korjattu painos. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Maa- ja elintarviketalous 1 (2005). 31 s. Verkkojulkaisu päivitetty 19.2.2005.
- Parikka, M. 2004. Global biomass fuel resources. Biomass & Bioenergy 2004: 27, 613-620.
- ProAgria. 2006. ProAgrian Tietopankkien Kasvintuotannon tulokset 2005 – tiedotustilaisuus 30.3.2006.
- PTT-katsaus. 2007. Suhdannekuva 3/2007. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos.
- Päivinen, R., Nabuurs, G. J., Lioubimow, A.W., Kuusela, K. 1999. The state, utilisation and possible future development of Leningrad region forests. EFI Working Paper 18. Joensuu, Finland.
- RFA. 2006. Ethanol Outlook 2006. Renewable Fuels Association. Saatavilla: www.rfa.orgwww.ethanolRFA.org. Viitattu 1.12.2006.

- Rämö, A-K. & Toivonen, R. & Tahvanainen, L. 2002. Energiaa puusta - Kuluttajien käsityksen puun energiakäytöstä. PTT Työpapereita 52 (Helmi-kuu 2002). 74 s..
- Rämö, A-K. & Toivonen, R. & Tahvanainen, L. 2001. Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjonta ja suhtautuminen energiapuun käyttöön. PTT Raportteja 175.
- Sipilä, K. & Helynen, S. 2006. Bioenergiateknologian mahdollisuudet Suomelle. PTT-katsaus 2/200647 s.
- Sevola, Y., Peltola, A. & Moilanen, J. 2003. Polttopuun käyttö pientaloissa 2000/2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 894. 30 s.
- Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change – The Stern Review. Cambridge University Press. Cambridge, 2006.
- St1 2006. St1 aloittaa kotimaisen etanolin tuotannon VTT:n kehittämällä menetelmällä. St1 Lehdistötiedote 24.4.2006
- St1 2007. St1 aloittaa bioetanolin tuotannon Lappeenrannassa. St1 Lehdistötiedote 18.09.2007.
- Suhonen, N. 2005. Hakelämpö kunnissa. Hinnoitteluperusteet ja riskit. Pohjois-karjalan AMK. Julkaisematon työpäpaperi.
- Tanttu, V., Ahtikoski, A. & Siren, M. 2004. Korjuuvaihtoehtojen kannattavuus metsänomistajalle nuoren metsän harvennuksessa hankintakaupalla. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004: 509-525.
- Tike. 2006. Viljan varastot, hankinta ja käyttö maataloilla vuonna 2005-2006. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 11.9.2006.
- Tike. 2007. Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2007 – ennakkotiedot 6.6.2007. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.
- Tike. 2007b. Viljatase, 1.7.2005-30.6.2007. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.
- Toivonen, R. 2006. Wood-based bioenergy: Demand and supply trends in Europe till 2010 and beyond. Updated version. November 2006. 20 p.
- USDA. 2007. Statement by Agriculture Secretary Mike Johanns regarding the Conservation Reserve Program. March 30, 2007. Saatavilla: www.usda.gov.
- Vihma, A., Aro-Heinilä, E. & Sinkkonen, M. 2006. Rypsi biodieselin (RME) maatalatuotannon kannattavuus. MTT:n selvityksiä 115: 43 s. Saata-

villa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts115.pdf>. Verkkajulkaisu päivitetty 27.6.2006.

Westcott, P. C. 2007. Ethanol Expansion in the United States. How will the Agricultural Sector Adjust? USDA Economic Research Service. Saatavilla: www.ers.usda.gov. Viitattu: 11.07.2007.

Worldwatch. 2007. Maailman tila 2006. Intia ja Kiina. Worldwatch-instituutti. 263 s.

Wilén, J. 2006. Yhdysvallat. Energiantarjonta. Toimialakatsaus. Maaliskuu 2006. Finpro.

Yinling, Liu. 2007. Chinese Biofuels Expansion Threatens Ecological Balance. Worldwatch Institute. 27.03.2007.

Öljykasviviljelijän opas. 2006. Saatavilla: www.agronet.fi/rypsi2000/. Verkko-versio päivitetty toukokuussa 2007.



PELLERVO TALOUDELLINEN TUTKIMUSLAITOS PTT

Pellervo Ekonomiska Forskningsinstitut

Eerikinkatu 28 A, 00180 Helsinki, Finland, puh. (09) 348 8844,

fax (09) 3488 8500, sähköposti: econ.res@ptt.fi, www.ptt.fi

Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, publikationer, Publications

19. Perttu Pyykkönen. 2006. Factors affecting farmland prices in Finland
18. Vesa Silaskivi. 2004. Tutkimus kilpailuoikeuden ja maatalouden sääntelyn yhteensovittamisesta
17. Aki Kangasharju. 1998. Regional Economic Differences in Finland: Variations in Income Growth and Firm Formation.
16. Pertti Kukkonen. 1997. Rahapolitiikka ja Suomen kriisi

Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen raportteja, forskningsrapporter, Reports

203. Anna-Kaisa Rämö – Ritva Toivonen. 2007. Metsä- ja puukauppapalveluiden laatu ja sen ulottuvuudet metsänomistajien näkökulmasta
202. Pasi Holm – Anneli Hopponen. 2007. Vammaisten työkyky vuonna 2007. Vertailua työttömiin.
201. Meri Virolainen – Panu Kallio – Philip Abbott. 2006. Implications of export subsidy removal for the Finnish and EU dairy sectors
200. Pasi Holm - Jaakko Kiander - Timo Rauhanen - Matti Virén. 2007. Elin- tarvikkeiden arvonlisäverokannan alentamisen vaikutukset
199. Erno Järvinen – Anna-Kaisa Rämö – Harri Silvennoinen. 2006. Energiapuun tuotanto ja markkinat: Metsänomistajakysely
198. Janne Huovari – Jaakko Kiander - Raija Volk. 2006. Väestörakenteen muutos, tuottavuus ja kasvu

Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen työpapereita, diskussionsunderlag, Working Papers

100. Jukka Jalava - Pirkko Aulin-Ahmavaara - Aku Alanen. Intangible capital in the Finnish business sector, 1975-2005
99. Allan Flink – Erno Järvinen – Ritva Toivonen. 2007. Northwest Russia: Development of the woodworking industry and opportunities as a potential market area for Finland
98. Liisä Kähkönen. 2007. Neljä näkökulmaa kuntasektorin palvelujen kilpailuttamiseen
97. Matti Virén. 2007. Analyzing the Incidence of Consumption Taxes
96. Janne Huovari – Jukka Jalava. 2007. Kansainvälinen ja vertaileva näkökulma Suomen tuottavuuskehitykseen
95. Ritva Toivonen – Raija-Riitta Enroth. 2007. Etsikkoaika. Metsäsektorin tulevaisuus Suomessa – selvitys asiantuntijanäkemyksistä
94. Jukka Jalava - Matti Pohjola. 2007. The roles of electricity and ICT in growth and productivity: Case Finland
93. Arto Kokkinen - Jukka Jalava – Riitta Hjerppe - Matti Hannikainen. 2007. Catching-up in Europe: Finland's convergence to Sweden and EU15